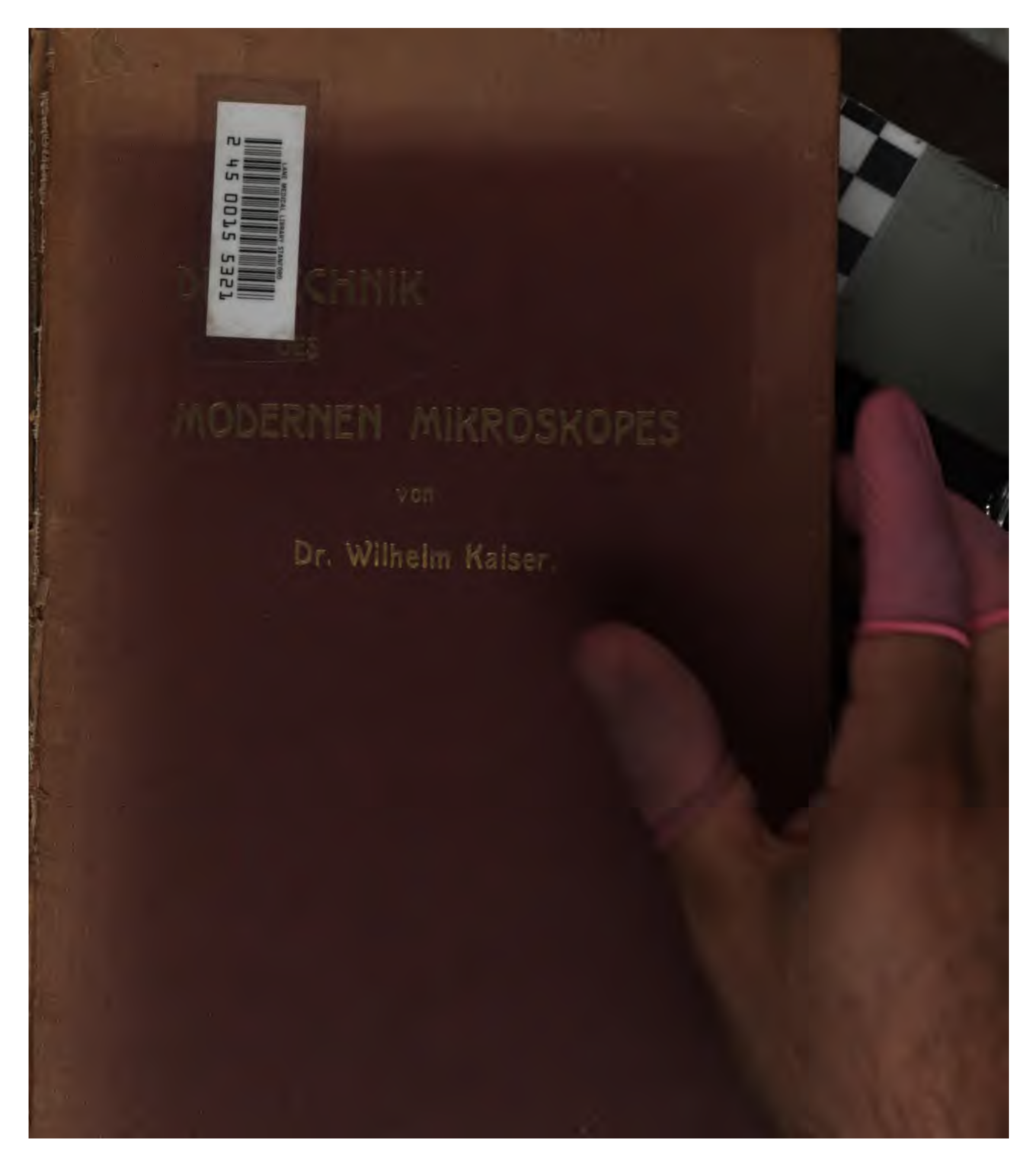
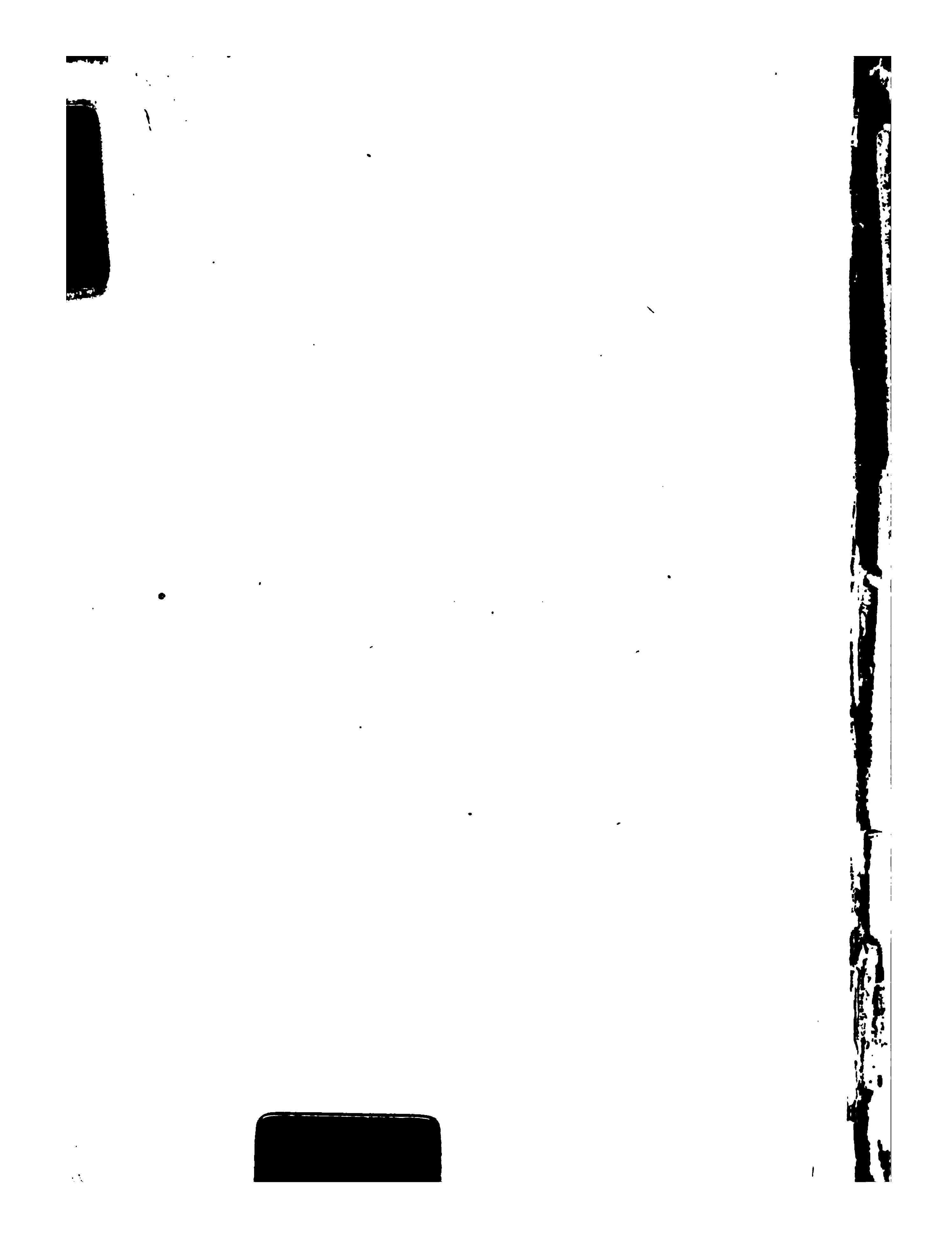

CHNIK
DES
MODERNEN MIKROSKOPES
von
Dr. Wilhelm Kaiser.





Die Technik
des
modernen Mikroskopes.

Ein Leitfaden zur Benützung moderner Mikroskope für alle praktischen Berufe im Hinblick auf die neueren Errungenschaften auch auf dem Gebiete der Bakterioskopie und unter besonderer Berücksichtigung der Fortschritte der österreichischen und reichsdeutschen optisch-mechanischen Werkstätten

von

Dr. Wilhelm Kaiser
in Wien.

Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage.

Mit vielen Abbildungen.



Wien 1906.
Verlag von Moritz Perles, k. u. k. Hofbuchhandlung
I. Seilergasse 4.

Wilhelm Fischers Buchdruckerei, Wien, IX.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die kleinen, mit freiem Auge schwer oder gar nicht erkennbaren leblosen Objecte und Lebewesen und die im kleinsten Raume sich vollziehenden Veränderungen gewinnen für die moderne Menschheit von Tag zu Tag an Bedeutung. Der Botaniker, der Zoologe, der Mineraloge, der Chemiker, der Arzt, der Pharmaceut, der Land- und Forstwirt, der Techniker *dürfen deshalb jene Instrumente und Methoden, welche em menschlichen Auge die Welt im kleinsten Raume erschliessen,* nicht als etwas mehr Nebensächliches, eigentlich blos dem Berufsgelehrten Unentbehrliches betrachten, wie dies leider noch zuweilen vorkommt, wenn sie nicht weit hinter den Errungenschaften der Neuzeit zurückbleiben wollen, mit anderen Worten: Sie alle müssen *Mikroskopiker* sein.

Viele theils allgemeinere, theils blos ein specielles Fach berücksichtigende Werke sind erschienen, um die Einrichtung und Benützung des Mikroskopes zu lehren, doch sind die allgemeineren, z. B. Harting's classisches Werk, schon veraltet, die speciellen jedoch, wie z. B. Dr. *Carl Friedländer's* „Mikroskopische Technik zum Gebrauche bei medicinischen und pathologisch-anatomischen Untersuchungen“, thatsächlich blos für den Fachgelehrten geschrieben. Dasselbe gilt von Dr. *Frey's, Dippel's* und *Behren's* trefflichen Büchern. Ein neues, ganz vorzüglich ausgestattetes Buch, Dr. *Hager-Mez'* „Das Mikroskop und seine Anwendung“, berücksichtigt fast gar nicht die verschiedenen, aus österreichischen Werkstätten hervorgegangenen Instrumente und ihre technischen Besonderheiten. Ueberhaupt ist es ein Mangel der meisten im Auslande verlegten einschlägigen Bücher, dass die österreichischen Verhältnisse und Bezugsquellen zu wenig, jedenfalls weniger, als sie verdienen, hervorgehoben erscheinen.

Der Verfasser des vorliegenden Lieferungswerkchens hat nun, sich an einen speciell für Apotheker von ihm im letzten Jahrzehnt geschriebenen Leitfaden zur Benützung moderner Mikroskope anlehnend, in Gestalt einer gänzlich umgearbeiteten und entsprechend den neuesten Errungenschaften auf diesem Gebiete ergänzten zweiten Auflage des vorerwähnten Leitfadens folgendes Ziel zu erreichen gesucht: *Die in Oesterreich und Deutschland gebräuchlichsten Typen der modernen Mikroskope und sonstigen der Erforschung der Welt im kleinsten Raume dienenden Apparate und Utensilien in Wort und Bild zu beschreiben und ihre Wirkungsweise, soweit dies ohne dem*

Praktiker nur als Ballast erscheinende, langwierige mathematische Ableitungen möglich ist, auch zu erklären, die Anwendung durch Beispiele aus den verschiedensten Gebieten mikroskopischer Forschung zu erläutern und auch die erprobtesten Methoden der jetzt so wichtig gewordenen Bakterienschau (Bakterioskopie) dem Leser vorzuführen, wobei auch auf billigere, kein grosses und kostspieliges Instrumentarium voraussetzende Arbeitsweisen Rücksicht genommen wurde. Wer dieses Buch durchgearbeitet hat, wird dann jedes seinem besonderen Berufe dienende mikroskopisehc Fachwerk leichter verstehen. Um dieses Verständnis auch der neuesten Errungenschaften der mikroskopischen Technik zu ermöglichen, konnten die gerade in die Zeit, als vorliegender Leitfaden eben abgeschlossen werden sollte, fallenden neuen bahnbrechenden Erfindungen nicht unberücksichtigt bleiben. Wir meinen damit die Construction des *Siedentopf-Zsigmondy'schen Ultramikroskopes,* des *Köhler'schen mikrophotographischen Verfahrens unter Benützung des ultravioletten Lichtes* sowie die Verwirklichung der Abbe'schen Idee einer *Dunkelfeldbeleuchtung für ultramikroskopische oder fast ultramikroskopische Mikroorganismen,* welche letztere neuestens bei der Sichtbarmachung und Charakterisirung der *Schaudinn'schen* Spirochaete pallida, die derzeit als wahrscheinliche Erregerin der Lues betrachtet wird, schon eine gewisse Rolle gespielt hat.[1]) Das Abwarten zuverlässiger Nachrichten über vorgenannte Erfindungen auf dem Gebiete der Mikrotechnik, die Beschaffung der nötigen Abbildungen etc. haben eine unliebsame Verzögerung des Abschlusses dieses anspruchslosen Leitfadens herbeigeführt, für welche der Verfasser hiemit um Entschuldigung bittet.

Wien, im März 1906.

Dr. Wilhelm Kaiser.

---

[1]) Vergl. u. A. die Studie aus der Hautkrankenstation des städtischen Krankenhauses in Frankfurt a. M. *„Zur Kenntniss der Spirochaete pallida"* von Oberarzt Dr. *Carl Herxheimer* in der „Münchener med. Wochenschrift" vom 26. September 1905, Nr. 39, S. 1861 und 1862.

NB. Die bemerkten Druckfehler finden sich unter „Errata“ auf Seite 589 dieses Buches zusammengestellt.

Ausserdem soll es auf Seite 283, 20. Zeile von oben, heissen: „getraue ich mich“ statt getraue ich mir.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

Das Bedürfniss, der Unvollkommenheit, welche selbst dem normalen menschlichen Auge anhaftet, abzuhelfen, ist bei allen Culturvölkern der Erde frühzeitig wach geworden; schon im Alterthume soll es aus Bergkrystall und Edelsteinen geschliffene Linsen gegeben haben. Diese Unvollkommenheit des an sich vollkommensten Sinneswerkzeuges, des Auges, besteht darin, dass wir über die wahre Gestalt eines Gegenstandes nicht zu urtheilen vermögen, wenn der Sehwinkel weniger als eine halbe Minute beträgt. Dieser Sehwinkel ist aber desto grösser, je näher wir den zu betrachtenden Gegenstand dem Auge bringen und je grösser dieser selbst ist; um daher kleine Objecte in ihren Theilen noch unterscheidbar wahrzunehmen, nähern wir dieselben instinctiv unserem Auge, doch ist der Vergrösserung des Sehwinkels auf diese Art bald eine Grenze gezogen, indem die Netzhaut unseres Auges trotz dessen Accomodationsvermögens nicht mehr im Stande ist, die durch die Linse des Auges fallenden Strahlen zu einem deutlichen Bilde auf sich zu vereinigen und überdies vermögen, nach den Untersuchungen Listing's[1]), die von einem dem Auge bis auf den Radius des Augapfels (11—12 *mm*) genäherten Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen die Netzhaut nicht, wie dies zur Entstehung eines deutlichen Bildes nothwendig ist, convergent zu treffen, sondern fallen dann parallel oder bei noch grösserer Annäherung divergirend auf.

Eine Abhilfe gegen diese Unvollkommenheit ist durch die Benützung künstlicher Linsen aus durchsichtigen Substanzen möglich, wenn wenigstens eine Oberfläche der benützten Linse erhaben gewölbt (convex) ist, oder durch Anwendung ausgehöhlter (concaver) Spiegel (Hohlspiegel). Die erste Methode ist die dioptrische, sie verdeutlicht das Bild eines sonst schon undeutlich sichtbaren Gegenstandes durch Lichtbrechung, die letztere, die katoptrische, durch Lichtspiegelung.

Die erstere wurde für die Zwecke der Mikroskopie, d. h. der Kunst, kleine Objecte deutlich sichtbar zu machen — viel häufiger angewendet, als die letztere. Für wissenschaftliche Arbeiten wurden fast ausschliesslich dioptrische Mikroskope verwendet.

Eine Combination beider Methoden, nämlich der katoptrischen und dioptrischen, ergab das katadioptrische Mikroskop Isaac Newtons[2]), welches übrigens niemals zu ausgebreiteter Benützung gelangte.

Fig. 1.

Wir haben es also in der Praxis stets nur mit dioptrischen Mikroskopen zu thun und müssen deshalb einige Principien der Dioptrik, d. h. der Lehre von der Lichtbrechung, kurz besprechen.

Wenn (siehe Fig. 1) xy die optische Achse eines sogenannten planconvexen Meniscus, d. h. einer auf einer Seite plan und auf der anderen Seite

¹) Beitrag zur physiologischen Optik, 1845.
²) The life of Sir Isaac Newton by Brewster S. 311.

erhaben (convex) geschliffenen Glaslinse ist, und wenn die Strahlen eines fernliegenden leuchtenden Gegenstandes *mz*, welcher in der Figur weggelassen und in sehr grosser Entfernung von der Linse gedacht ist (z. B. die Sonne), parallel mit der optischen Achse der Linse auf dieselbe auffallen, so gehen sie bis zur gewölbten Fläche fast ungebrochen durch, bis sie die kugelförmig gekrümmte Fläche erreichen, worauf, abgesehen von dem kleinen Theile, welcher etwa zurückgeworfen wird, der grössere Theil des Lichtes auch die gekrümmte Fläche durchdringt, aber in veränderter Richtung. Am Austrittspunkte des Strahles *m*, bei *n*, tritt diese Ablenkung (Brechung) desselben ein und zwar wird der Strahl *m* gegen die optische Achse *xy* hin abgelenkt

Um diese Ablenkung leichter schätzen zu können, denkt man sich senkrecht auf eine (im Holzschnitte nicht sichtbare) Tangente des Punktes *n* eine Linie gezogen, *no*, welche man das Einfallsloth des Punktes *n* nennt. Man sieht nun, dass der Strahl *m* unter einem gewissen Winkel vom Einfallslothe hinweg gebrochen wird.

Aehnlich wird der Strahl *z* beim Austrittspunkte *p* vom Einfallslothe *pq* hinweg zur optischen Achse hin gebrochen. Beide Strahlen schneiden sich nun mit der optischen Achse im Punkte *f*, Focus oder Brennpunkt genannt. Die Distanz dieses Brennpunktes von der Linse *uf* nennt man die Focaldistanz oder Brennweite der Linse. Oft spricht man aber kurzweg vom „Focus" einer Linse oder auch einer Combination von Linsen, anstatt „Focaldistanz" zu sagen und man hört dann oft die Redensart, diese oder jene Linse habe einen kürzeren „Focus" als eine andere.

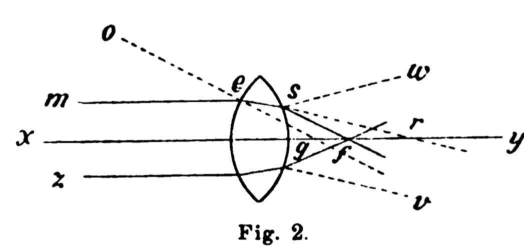


Fig. 2.

Dieser Sprachgebrauch ist freilich unrichtig, aber sehr eingebürgert.

Denken wir uns nun anstatt der plancovexen Linse eine auf beiden Seiten erhaben geschliffene, sogenannte biconvexe Linse in die Bahn der Strahlen eines weit entfernten Gegenstandes (etwa der Sonne) gebracht, so werden, wie Fig. 2 zeigt, die parallel mit der optischen Achse *xy* auf die Linse fallenden Strahlen beim Eintritt in dieselbe gegen das Einfallsloth *oe* zu gebrochen und sie würden, wenn sie weiter keine Ablenkung erfahren würden, die optische Achse in *r* durchschneiden.

Dies geschieht aber nicht, weil sie bei dem Austrittspunkte aus der zweiten Wölbung der Linse, bei *s*, wieder und zwar (wie im Falle der Fig. 1) vom Einfallslothe *sw* hinweg gebrochen werden, so dass sie die optische Achse bei *f*, dem Brennpunkte der Linse, treffen. Die Distanz des Focus von der Linsenoberfläche, *fg*, ist wieder die Brennweite der Linse.

Auch das menschliche Auge ist bekanntlich ein dioptrischer Apparat, bestehend aus einer biconvexen Linse, welche die Strahlen, die von selbstleuchtenden oder beleuchteten Gegenständen ausgehen, bricht, auf der Netzhaut, die so ziemlich im Focus der Augenlinse liegt, zu einem verkehrten Bildchen vereinigt und durch den auf die Netzhaut ausgeübten Reiz dem Gehirne zur Verarbeitung zu einer Vorstellung zugänglich macht. Wir fassen das verkehrte Strahlenbild dann als aufrechtes Bild auf; wie dies geschieht, ist noch nicht ganz klar gestellt und gehört zu den vielen Räthseln der Verbindung des materiellen Organismus mit den geistigen Functionen des Menschen.

Aber auch der rein physikalische Vorgang spielt sich im menschlichen Auge nicht so einfach ab, wie er hier geschildert wurde. Das Auge besteht ja bekanntlich zum Theile aus einer gallertartigen Flüssigkeit, welche den Glaskörper bildet. Denselben umschliessen drei Häute, deren unterste die empfind-

iche, vorerwähnte Netzhaut ist, auf welcher sich der Sehnerv netzartig ausbreitet.

Die Netzhaut (retina) ist umgeben von der Gefässhaut (Chorioidea); diese ist von zahlreichen Blutgefässen durchzogen. Ihr vorderer Theil bildet die braun, grau oder blau gefärbte Regenbogenhaut (Iris), gewöhnlich „Augenstern“ genannt, die in der Mitte eine kreisförmige Oeffnung hat, die Pupille. Zwischen Netzhaut und Pupille liegt die Krystalllinse, jedoch sehr nahe der Pupille, so dass diese eine Abblendung des Lichtes bewirkt. Da nun nicht nur die Krystalllinse selbst, sondern auch die Iris und dann die gallertartige Flüssigkeit des Glaskörpers auf die Lichtstrahlen bei jedem Auftreffen derselben auf die gewölbten Oberflächen brechend einwirken, so muss man, um blos die Wirkung der Krystalllinse, welche ja ausschlaggebend ist, sich zu vergegenwärtigen, ein sogenanntes „reducirtes Auge“ annehmen. In diesem Auge sind Iris und Augenflüssigkeiten weggedacht, so dass das Auge dann blos aus der Pupille, der biconvexen Augenlinse und der hinteren, sonst vom Glaskörper erfüllten Augenkammer besteht oder aber, dass man die brechenden Wirkungen der Iris und der Feuchtigkeiten des Auges, als gegenüber der brechenden Wirkung der Krystalllinse unendlich klein, vernachlässigt.

Fig. 3 zeigt uns so ein reducirtes Auge. Ein Gegenstand ab erzeugt das verkehrte Bild $b'a'$ auf der Netzhaut. Den Winkel aob nennt man den Sehwinkel. Bringt man den Gegenstand dem Auge so nahe, dass er sich in der Linie AB befindet, so wird das Bild $B'A'$ erzeugt. Der Sehwinkel AoB ist um so viel grösser geworden (gegenüber dem Winkel aob), als der Gegenstand dem Auge näher gerückt wurde. Durch ein unbewusstes Schätzungsvermögen beurtheilen wir die Grösse eines Gegenstandes zunächst nach der Grösse des Sehwinkels; daher erscheint uns eine nahe vor das Auge gehaltene Erbse scheinbar ebenso gross,

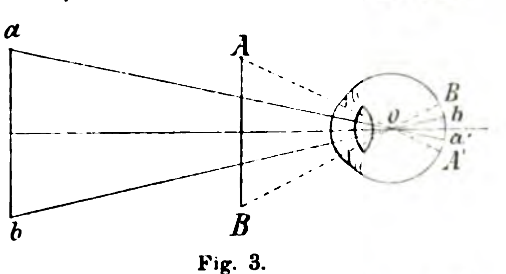


Fig. 3.

als der rund 50.000 Meilen von uns entfernte Mond. Erst durch Erfahrung und Uebung lernen wir mit Hilfe des Tastsinnes und vermöge des durch die Zweizahl unserer Augen bewirkten körperlichen Sehens die Grösse naher und entfernter Gegenstände (welche freilich nicht so weit entfernt sein dürfen, dass uns jede Erfahrung über solche Entfernungen fehlt) beiläufig richtig abschätzen und hier handelt es sich dann schon um eine bewusste Denkfunction (Augenmass). Das halbjährige Kind greift bekanntlich nach dem Monde. Der sechsjährige Schulknabe wird dies nicht mehr thun. Eine eigenthümliche Function unseres Auges, die wir unbewusst üben, die aber ganz gewiss durch einen Reiz zustande kommt und daher irgendwie vom Gehirne aus dirigirt wird, ist die sogenannte Accommodation oder das Accommodationsvermögen des Auges. Es beruht auf minimalen Aenderungen der Convexität der Krystalllinse unseres Sehorganes, wodurch dasselbe fähig wird, sich der Entfernung, in welcher ein Gegenstand sich von ihm befindet, zu accommodiren, indem die Linse durch Ausbauchung ihre Brennweite verkürzt und dann auch von nahen Objecten ein Bild auf der Netzhaut entwirft, durch Verminderung der Convexität dagegen die Brennweite etwas verlängert und dann auch von entfernten Gegenständen ausgehende Strahlen auf der Netzhaut zur Convergenz zu bringen im Stande ist, und so ein deutliches Bild entsteht. Selbstverständlich hat dieses Accommodationsvermögen seine Grenzen, welche individuell sind. Gibt es doch für jedes Auge eine sogenannte „deutliche Sehweite“, nämlich richtiger gesagt, die kürzeste Sehweite oder den sogenannten Nahepunct des Auges, welche ja bei Kurzsichtigen eine geringere ist als bei Weitsichtigen und bei diesen eine grössere als bei Leuten

mit so ziemlich normalem Auge. Von einem wirklich „normalen" Auge wird man wohl kaum sprechen können, aber man hat einen Mittelwerth zwischen den Sehweiten von vielen so ziemlich normalen Augen durch Berechnung des arithmetischen Mittels gefunden und hat danach Grund, die deutliche (kürzeste) Sehweite eines ideellen, vollkommen normalen Auges mit 216 *mm* anzunehmen. Wir werden später sehen, dass der richtige Vergrösserungswerth der optischen Apparate, also auch des Mikroskopes stets auf diese Sehweite bezogen werden sollte, weil der zu betrachtende Gegenstand von einem Normalsichtigen stets in diese kürzeste deutliche Sehweite gebracht werden wird, wenn er ihn am grössten und dabei am deutlichsten sehen will; es haben aber die Gelehrten Deutschlands und Frankreichs sich geeinigt, nicht die kürzeste deutliche Sehweite, bei welcher das normale Auge allerdings den Gegenstand am grössten und gleichzeitig am deutlichsten sieht, jedoch — wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man wirklich nicht kurzsichtig ist — rasch ermüdet, als Grundlage bei Beurtheilung der Vergrösserung zu nehmen, sondern die **mittlere** deutliche Sehweite, welche 250 *mm* beträgt und gefunden wurde, indem man das arithmetische Mittel zog aus den Distanzen, in denen ein normales Auge einen kleinen Gegenstand (etwa die Druckschrift eines Buches) bei äusserster Annäherung oder äusserster Entfernung noch deutlich ausnehmen konnte.

Dabei sind natürlich bezüglich des Begriffes „deutlich" so weite Grenzen möglich, dass die englischen Gelehrten die mittlere deutliche Sehweite abweichend von Deutschen und Franzosen mit 10 engl. Zollen, also 254 *mm* berechnet und danach auch die Werte der Vergrösserungen ihrer Instrumente bestimmt haben.

Möge man nun die mittlere Sehweite mit 250 *mm* oder 254 *mm* annehmen, sicher ist, dass von einem nicht allzu kleinen Gegenstande, welcher sich in der deutlichen Sehweite befindet, ein scharfes Bild desselben auf der Netzhaut entsteht.

Bei sehr kleinen Gegenständen wird dies aber nicht mehr der Fall sein.

Wie aus der Fig. 3 entnommen werden wolle, bildet der Durchmesser des betrachteten Gegenstandes ab resp. AB die Tangente des Sehwinkels aob resp. AoB. Wird nun ab oder AB, das ist die Grösse des betrachteten Gegenstandes, so klein gesetzt, dass der Winkel aob resp. AoB weniger als eine halbe Bogenminute misst, so sieht man nach dem Obenausgeführten den Gegenstand überhaupt kaum mehr und schon bei Annäherung an diesen Grenzwert von einer halben Bogenminute beginnt die Wahrnehmung des Gegenstandes eine immer undeutlichere zu werden. Wir können nun, wie wir oben gesehen haben, durch Annäherung des Gegenstandes an das Auge über die kürzeste deutliche Sehweite hinaus den Sehwinkel zwar vergrössern, doch fällt dann, da das Accommodationsvermögen, wie vorerwähnt, seine Grenzen hat — das Bild des Gegenstandes nicht mehr auf die Netzhaut selbst, sondern hinter dieselbe und es gelangt daher nicht mehr zum deutlichen Bewusstsein. Da die Augenlinse eines Kurzsichtigen eine kürzere Brennweite hat, als jene eines Weitsichtigen, so wird ein Kurzsichtiger den Gegenstand näher an das Auge heranzubringen vermögen, ehe das Bild hinter die Netzhaut fällt, er wird also sehr kleine Gegenstände infolge seiner Kurzsichtigkeit besser auszunehmen im Stande sein, als ein Weitsichtiger oder ein Mensch mit normalem Auge, aber auch bei einem Kurzsichtigen tritt bei zunehmender Kleinheit des Gegenstandes rasch eine Abnahme der Deutlichkeit des Netzhautbildchens ein, so dass auch bei diesem schliesslich eine Nachhilfe durch ein sogenanntes Vergrösserungsglas nothwendig werden wird. Der Weitsichtige, dessen Augenlinse eine grössere Brennweite hat, als die eines normalen Auges, muss sogar zum Lesen sich einer Brille aus convexen Gläsern, also aus Vergrösserungsgläsern, bedienen, da bei ihm schon bei mässiger Annäherung des kleinen Gegenstandes die Strahlen, welche von diesem ausgehen — nicht auf der Netzhaut,

sondern hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen, also **auf** der Netzhaut kein deutliches Bild ergeben. Diese Brille aus convexen Gläsern, deren sich ein Weitsichtiger bedient, wirkt aber auf folgende Weise:

Indem sie vor die Augenlinsen, die bei weitsichtigen Personen zu wenig gewölbt sind, kommt, macht sie die Strahlen eines nahen Gegenstandes durch Brechung (vgl. Fig 2) convergent, weil jedes convexe Glas der Brille die Strahlen zu einem Brennpunkte zu vereinigen sucht. Die Augenlinse nimmt nun diese schon convergirenden Strahlen auf, macht sie noch mehr convergent und so ist es einleuchtend, dass sich dann die von dem nahen Gegenstande kommenden Strahlen zu einem Bilde auf der Netzhaut vereinigen werden, geradeso, als ob der Gegenstand entfernter vom Auge gewesen wäre.

Nun verhält sich so kleinen Entfernungen gegenüber, in welche ein kleiner Gegenstand gebracht werden müsste, um einen grösseren Sehwinkel, als den minimalen von einer halben Bogenminute zu erzielen, wie wir ausgeführt haben, jedes, auch das kurzsichtigste Auge, ebenso, sowie ein weitsichtiges zu relativ nicht so kurzen Distanzen und es lag nahe, dasselbe Mittel (Brillengläser convexer Form) als Vergrösserungsgläser auch für nicht weitsichtige Personen zu benützen. In der That schreibt man die Erfindung des Mikroskopes und des Fernrohres einem holländischen Brillenschleifer oder vielmehr dessen Kindern zu, ob mit Recht oder Unrecht, wollen wir hier nicht untersuchen.

Nehmen wir aus einer solchen convex geschliffenen Brille ein Glas heraus und halten dasselbe derart, dass es zwischen einen kleinen Gegenstand und unser Auge kommt, so wirkt das Glas als sogen. **Lupe**. Man macht solche Lupen für wissenschaftliche Zwecke oft planconvex und kehrt die convexe Seite dem Auge, die plane dem Gegenstande zu.

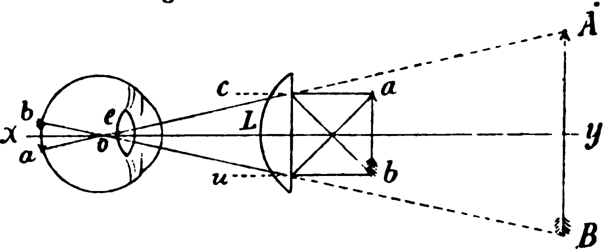


Fig. 4.

Stellt der kleine Pfeil *ab* den Durchmesser des zu betrachtenden Objectes dar und *L* die planconvexe Lupe, so ist *xy* die **optische Achse** des Auges und der Linse, welche als Lupe dient und es werden die senkrecht auf die plane Fläche der Linse *L* fallenden Strahlen zur optischen Achse hin gebrochen, also convergent gemacht, während sie ohne die Linse *L* in der Richtung *ac* und *bu* weiter gehen würden. Sie gelangen auf der Netzhaut des Auges zur Vereinigung und bilden infolge der Wirkung der biconvexen Augenkrystalllinse *l* auf der Netzhaut das Bildchen *b' a'*, welches natürlich verkehrt sein wird, da sich die Strahlen in *o* schneiden, welches aber als aufrechtes zum Bewusstsein kommt. Die Strahlen scheinen dann nicht von *ab* herzukommen, sondern gleichsam von dem entfernteren, aber **grösseren** Pfeile *A B*.

Der Sehwinkel *A o B* ist also grösser geworden und dadurch erscheint auch das Object vergrössert. Solche einfache Vergrösserungsgläser können, wenn sie recht klein gemacht werden, 20—40fach und noch mehrfach vergrössern, doch geht man zu wissenschaftlichen Zwecken in der heutigen Zeit, in welcher bequemere Vorrichtungen zur Vergrösserung zur Verfügung stehen, über eine 5—10 malige Vergrösserung bei Lupen **selten** hinaus.

Versieht man eine Lupe mit einer Vorrichtung, welche gestattet, dieselbe zu benützen, ohne sie in der Hand halten zu müssen, so spricht man von einer **Stativ-Lupe**. Bringt man am Lupenstative noch einen Objecttisch an, das heisst, eine Platte, welche gestattet, den Gegenstand aufzunehmen und ihn auf der Platte in die gehörige, das deutliche Sehen am meisten begünstigende Distanz von der Lupe zu bringen, dabei aber auch entsprechend zu beleuchten,

so hat man dann eine Vorrichtung, welche man einfaches Mikroskop (Simplex) nennt.

Man benützte früher, als die zusammengesetzten Mikroskope noch zu unvollkommen und auch später, als es zwar schon vollkommenere gab, diese jedoch theuer waren, die einfachen Mikroskope sehr häufig zu wissenschaftlichen Forschungen. Insbesondere fertigten sich viele berühmte Naturforscher die Linsen zu den einfachen Mikroskopen selbst an, indem sie Glasfäden oder dünne Glasstreifen in der Lichtflamme oder mit Hilfe der Spirituslampe zu kleinen Kügelchen umschmolzen und diese entsprechend gefasst, als optischen Apparat ihrer einfachen Mikroskope benützten. Swammerdamm und andere berühmte Gelehrte machten mit solchen einfachen Mikroskopen bahnbrechende Entdeckungen. Da solche Instrumente aber das Auge sehr ermüdeten, eine höchstens 300malige Vergrösserung zuliessen, ohne dass das Bild durch Lichtmangel gar zu undeutlich wurde und überdies eine zu grosse Annäherung des Objectes an das optische Glas nöthig machten, verliess man sie sofort, als man gelernt hatte, vollkommene und wohlfeile zusammengesetzte Mikroskope (Composita) herzustellen. Nur bei den Hilfsmitteln zum Präpariren von Objecten für das zusammengesetzte Mikroskop werden wir den einfachen Mikroskopen sozusagen als Hilfsapparaten der zusammengesetzten begegnen.

Wo hier also von Mikroskopen schlechtweg die Rede ist, haben wir stets die „Composita“ im Auge.

Die Bedeutung der zusammengesetzten Vergrösserungsgläser hat durch die mit denselben gemachten bahnbrechenden Entdeckungen in der Bacterienkunde, Pathologie und der auf diesen beiden Disciplinen aufgebauten antiseptischen Therapie und aseptischen Chirurgie seit den letzten zehn Jahren stetig zugenommen und mit deren Bedeutung stieg im gleichen Verhältnisse die Vervollkommnung und Verwohlfeilung der genannten Instrumente, welche einerseits mit der Erfindung der apochromatischen homogenen Immersionslinsen von Dr. Abbe und Zeiss in Jena und andererseits durch die Herstellung billiger und doch vortrefflicher Mikroskope durch die Wiener Firmen Carl Reichert, Merker, Ebeling und die deutschen Firmen E. Hartnack, Leitz, Zeiss, Winkel u. a. m. ihren in diesem Saeculum wohl kaum mehr zu überbietenden, vorläufigen Höhepunkt erreicht haben dürfte, wenn auch jedes Jahr wesentliche Fortschritte hinsichtlich der Anpassung der Instrumente an die modernen Anforderungen einzelner Zweige der Naturwissenschaften, z. B. der Bacterienkunde, bringt.

So ist das Mikroskop zu einer Waffe geworden für alle Pionniere der Wissenschaft, insbesondere aber für alle Jene, welche es sich zur Aufgabe gemacht haben, Krankheit und vorzeitigen Tod zu bekämpfen.

Um aber mit einer Waffe umgehen zu können, soll man die Einrichtung und insbesondere die sogenannten termini technici für die einzelnen Theile derselben kennen; ebenso soll also auch der angehende Mikroskopiker, wenn ihm auch die Theorie des Mikroskopes aus der Optik noch geläufig ist, die Theile dieses Instrumentes kennen und benennen lernen.

Das nächste Ziel einer Schrift über die Technik eines Instrumentes muss also die Beschreibung desselben und seines Gebrauches bilden, wobei der practische Zweck der einzelnen Theile eingehend erörtert werden soll. Nur wo die Theorie zum practischen Arbeiten mit dem Instrumente unumgänglich nothwendig ist, kann dieser in einem technischen Buche Raum gegeben werden. Wohl gibt es zahlreiche Leitfäden und Lehrbücher, welche Theorie und Praxis des Mikroskopes eingehend behandeln und daraus eine förmliche Wissenschaft die Mikroskopie, geschaffen haben; diese Werke sind aber theils bereits veraltet und — so schätzenswerth sie auch für den Fachmann als Nachschlagebücher sein mögen — für den Anfänger schwer zu benützen, da sie eben nicht die neuesten Methoden enthalten, welche sich eigen zu machen gerade der An-

fänger erpicht ist, oder sie sind blos Anleitungen für einzelne Wissenszweige, in denen das Mikroskop eine Rolle spielt, z. B. Histologie, und setzen dann denn doch eine gewisse Fachkenntnis voraus, sollen sie mit Nutzen verwendet werden können.

Von den Werken der ersten Art möchte ich nur Hartings classisches Werk aus dem Jahre 1866, „Das Mikroskop“, 2. Original-Ausgabe, besorgt von Theile, 3 Bde., Braunschweig bei Friedrich Vieweg & Sohn, von jenen der zweiten Art Prof. Dr. Sigmund Exner's „Leitfaden bei der mikroskopischen Untersuchung thierischer Gewebe“, Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann 1878, als sozusagen typische Beispiele nennen. Vielleicht wird sich andernorts Gelegenheit ergeben, auf diese oder jene Publication der einschlägigen Literatur kurz hinzuweisen.

Hier sollen diese beiden Werke eben nur gewissermaassen als Exempel der älteren allgemeinen Mikroskopie und der moderneren specialisirenden, Erwähnung finden. Uebrigens gibt es auch neuere allgemeine Werke[1]).

Im Gegensatze zu solchen trefflichen und erschöpfenden Compendien wollen wir uns hier darauf beschränken, die Kunst (Technik), mit dem Mikroskope zu arbeiten, soweit dies auf schriftlichem Wege irgendwie möglich ist — im Allgemeinen, das heisst **vorläufig** ohne Rücksicht auf eine besondere Disciplin (zum Beispiel der Bacterioskopie) auseinanderzusetzen, im weiteren Verlaufe aber Uebungsbeispiele aus den verschiedensten Disciplinen zu bearbeiten und dabei Objecte aus allen drei Reichen der Natur mikroskopischer Untersuchung zu unterziehen.

Manche, insbesondere populäre, mikroskopische Leitfäden bringen anstatt einzelner Beispiele eine förmliche Naturgeschichte mikroskopisch kleiner Gegenstände; wir können in diesem Leitfaden diesen Vorgang nicht nachahmen.

Blos zur Erläuterung der Methoden, wie man mikroskopisch beobachtet und nicht zur erschöpfenden Darlegung, was alles sich zu mikroskopischer Untersuchung eignet, sollte ein technisches Buch gewisse Untersuchungsbeispiele und diese derart bringen, dass sie den Bedürfnissen verschiedenster, das Mikroskop benützender Berufe entgegenkommen.

Wir schliessen hiemit die Einleitung und gehen auf den eigentlichen Stoff über, den wir zu behandeln haben.

Die Theile des Mikroskopes.

§ 1. Vorläufig setzen wir die Kenntnis der Theorie des zusammengesetzten Mikroskopes voraus; wir übergehen sie daher hier vollständig und werden auf dieselbe nur dort zurückgreifen, wo es zum Verständnis einer Einrichtung, beziehungsweise deren Zweckmässigkeit unumgänglich nothwendig ist.

Wir stellen also ein zusammengesetztes Mikroskop vor uns hin und erörtern sogleich dessen Theile.

Vorausschicken müssen wir hier, dass jedes zusammengesetzte Mikroskop aus zwei Hauptheilen besteht: dem sogenannten **mechanischen Theile** und dem sogenannten **optischen Theile**. Der mechanische Theil heisst auch „Stativ“. Jeder dieser Theile hat seine besonderen Formen und jede dieser Formen ihre besondere Bestimmung.

§ 2. Der mechanische Theil besteht aus dem Fusse, dem zur Aufnahme der zu untersuchenden Gegenstände (Objecte) dienenden Tische und dem zur Aufnahme des optischen Theiles bestimmten Rohre, „Tubus“ genannt,

---

([1] Insbesondere: Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie von Dr. Leopold Dippel. Braunschweig 1885. Vieweg & Sohn.

welch' letzterer meist zwischen sich und dem Fussgestelle eine Vorrichtung besitzt, um dem Tische, der das Object trägt und somit auch letzterem selbst, genähert oder von ihm entfernt werden zu können.

Da diese Vorrichtung die Einstellung des Objectes oder vielmehr des Bildes desselben für das Auge des Beobachters bezweckt, nennt man dieselbe oft kurzweg „Einstellung".

Die nebenstehend abgebildete Fig. 5 wird an einem einfachen Instrumente versinnlichen, wie ein Mikroskop aussieht und aus welchen Theilen es besteht.

Wir sehen bei *f* den Fuss, bei *tu* den Tubus, bei *p* die Tischplatte und bei *e* die Einstellung. Auf dem Tische liegt als Object ein Präparat *pr*, festgehalten von den in zwei Löchern der Tischplatte einsteckbaren zwei Klemmfedern *k*.

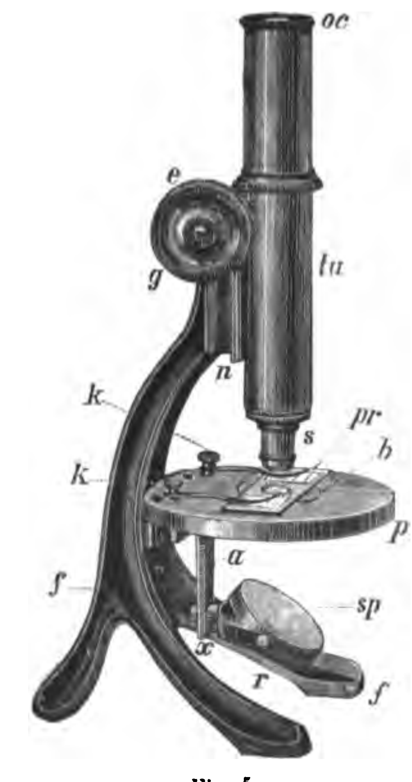


Fig. 5.

Um dem Objecte Licht zuzuführen, bedarf man eines Beleuchtungsapparates; dieser besteht in dem vorliegenden Falle aus einem runden, in dem Halbringe *r* um seine Flächenachse drehbaren Rahmen *sp*, welcher zwei Spiegel, auf jeder Seite einen, eingesetzt enthält, wovon der eine plan, der andere nach innen hohlgeschliffen (concav) ist. Der Halbring *r* ist überdies in der Hälfte seines Bogens durchbohrt und mittelst einer durchgesteckten Schraube *x* mit dem Spiegelarme *a* drehbar verbunden, welch' letzterer wieder unter der Tischplatte durch ein Schraubengelenk (aus der Ebene dieser Zeichnung herauszudenken) nach rechts und nach links drehbar ist, so dass dem Spiegelring damit eine möglichst leichte Verstellbarkeit nach beiden Seiten gesichert erscheint. Diese Verstellbarkeit ist bei grossen Instrumenten noch ausgedehnt, indem bei diesen das Charnier *x* oder das obere Armgelenk in einer Schiene nach oben und unten verschiebbar ist und bisweilen das unter dem Tische angebrachte Armgelenk nicht nur nach beiden Seiten, sondern auch nach vorne und hinten zu biegen geht, was seine besonderen, hier noch nicht näher zu erörternden Vortheile hat, aber bei den meisten Untersuchungen entbehrt werden kann.

Die Tischplatte *p*, hier rund, ist in der Mitte oder doch in der Nähe der Mitte mit einem runden Loch versehen, welches nicht unter 1 *cm* Durchmesser haben soll und dem reflectirten Lichte der Spiegelvorrichtung *sp* den Zutritt zu dem Objecte *pr* gestattet.

§ 3. Da es aber, wie später zur Erörterung kommen wird, für die Sichtbarkeit gewisser Details nothwendig erscheint, den vom Beleuchtungsapparate kommenden Lichtstrahlen bald eine grössere, bald eine geringere Zutrittsöffnung zum Objecte zu bieten, muss zwischen Beleuchtungsapparat und Object eine Vorrichtung vorhanden sein, durch welche es ermöglicht wird, einen Theil der Strahlen, die vom Spiegel kommen, unwirksam zu machen, d. i. abzublenden, wozu eine eigene, bei den kleineren und vielen mittleren Instrumenten meist am Tische, resp. an oder unter dessen Oeffnung angebrachte Vorrichtung, die „Blend-

vorrichtung" dient. In der vorliegenden Figur besteht dieselbe in runden, mit mehr oder minder grossen Oeffnungen versehenen Metallplättchen, welche von oben her in die Oeffnung des Tisches eingelegt werden können, was den Nachtheil hat, dass man die Blendung nicht während des Beobachtens ändern kann, da man ja das Präparat *p r* wegnehmen muss, so oft man die Blenden wechselt.

§ 4. Wir haben nun noch die Einstellvorrichtung, kurzweg „Einstellung" *e* genannt, kurz zu besprechen. Sie besteht beim vorliegenden Instrumente (Fig. 1) aus „Zahn und Trieb", d. h. es wird beim Drehen des Knopfes *g* ein mit diesem verbundener stählener Trieb gedreht, welcher in eine parallel zur Achse des Tubus *tu* an diesem selbst angelöthete, gezähnte, prismatische Stange von trapezoidalem Querschnitt [1]) eingreift, die in eine in den „Arm" des Statives selbst eingefraiste Nut *n* beweglich eingeschoben ist, so dass beim Drehen des Knopfes *g* sich der Tubus *tu* sammt dem in ihm angebrachten, später zu besprechenden optischen Theil hebt oder senkt, wobei darauf gesehen ist, dass diese Hebung und Senkung strenge in einer mit der Achse des Tubus parallelen Bewegungslinie erfolgt.

Eine derartige Einstellung mit Zahn und Trieb lässt sich aber nur bei schwächeren Vergrösserungen (etwa bis 350 linear) sicher anwenden, weshalb dieselbe zu den sogenannten „groben" Einstellungen gerechnet wird — im Gegensatze zu den sogenannten „feinen" Einstellungen, welche es mittelst einer Schraube gestatten, den Tubus um Hundertstel eines Millimeters dem Objecte oder dieses dem Tubus zu nähern und welche für alle Untersuchungen mit stärkeren Vergrösserungen unbedingt nothwendig sind, welche wir aber auch erst weiter unten ausführlicher besprechen werden.

Hier hat es sich uns vor Allem darum gehandelt, an einem einfachen Stative alle Theile, die wesentlich sind, kennen und benennen zu lernen und werden wir uns im Weiteren stets der termini technici bedienen.

— —

Allgemeines über den optischen Theil des Mikroskopes.

§ 5. Der optische Theil besteht aus dem Oculare *oc* (Fig. 5), welches in den Tubus eingeschoben und dem Objectivsysteme *s*, welches unten an den Tubus angeschraubt wird. Jedem besseren Mikroskope sind meist mehrere (mindestens zwei) Oculare und Objective, von denen das eine schwächer, das andere stärker vergrössert, beigegeben und liegt in deren Vortrefflichkeit der Schwerpunkt der Mikroskop-Baukunst, da man, so wichtig und erwünscht ein gutes Stativ ist, mit dem grössten und besten Stative ohne gute Objectivsysteme und Oculare nichts deutlich wahrnehmen kann. Wir wollen daher vor Allem beim optischen Theile etwas verweilen, bevor wir zur detaillirten Beschreibung der verschiedenen Mikroskopconstructionen und deren Handhabung übergehen. Einige theoretische Erörterungen werden hier nicht zu umgehen sein.

§ 6. Wir haben in der Einleitung aus Anlass der Erörterung des Begriffes „Mikroskop" der vergrössernden Eigenschaften der erhaben (convex) geschliffenen Glaslinsen gedacht und dabei auch die Begriffe Brennpunct und Brennweite (siehe Fig. 1. in der Einleitung) kennen gelernt. Ein kleines Object, nahe dem Brennpuncte *f*, jedoch ausserhalb der Brennweite *uf* befindlich und beleuchtet, wird bekanntlich ein vergrössertes Bild jenseits der Linse erscheinen lassen. Dieses reelle Bild wird dann durch das Ocular, welches wir uns vorläufig als aus einer einfachen Lupe bestehend denken — betrachtet und erscheint natürlicherweise wieder vergrössert, da wir es ja durch die Lupe ansehen.

---

[1]) Dieselbe kann natürlich auch halb- oder ³/₄-cylindrisch geformt sein.

Das soeben Gesagte gibt uns gleichzeitig eine Definition des zusammengesetzten Mikroskopes in seiner primitivsten Gestalt: Eine Linse (von kurzer Brennweite, da das entworfene Bild des Objectes desto grösser wird, je kürzer die Brennweite ist), bei welcher in der Nähe des Brennpunktes das zu vergrössernde Object liegt (weshalb diese Linse „Objectiv“ heisst), verbunden mit einer zweiten Linse welch' letztere das von der ersteren entworfene Bild nochmals vergrössert, das Ganze versehen mit einer Vorrichtung, welche gestattet, das Object in die richtige Lage zu bringen und es zu beleuchten.

Fig. 6 wird uns die einschlägigen Verhältnisse verdeutlichen, soweit sie den Gang der Lichtstrahlen betreffen. Wenn *ab* das kleine Object, z. B. eine Mücke, welches ausserhalb der Brennweite der Objectivlinse *l*, jedoch sehr nahe dem Brennpunkte derselben liegt — vorstellt, so werden alle von *a* ausgehenden Strahlen in *A* und alle von *b* ausgehenden Strahlen in *B* zur Vereinigung kommen. Bezüglich der anderen Punkte des Objectes *ab* gilt das Gleiche und so wird das reelle Bild *A B* zustande kommen, welches jedoch vergrössert und verkehrt sein wird. Dieses verkehrte und vergrösserte Luftbild betrachten wir dann durch die als Ocular dienende Lupe *L*, wodurch dasselbe wieder so vergrössert wird, als läge es in der mittleren Sehweite bei *w'*. Es scheint also der Gegenstand in *b'' a''* zu liegen und die Strahlen, welche durch das Ocular *L* gehen, erlangen jenen Grad von Divergenz, welcher der Entfernung des betrachtenden Auges von einem in *b'' a''* liegenden Objecte entsprechen würde.

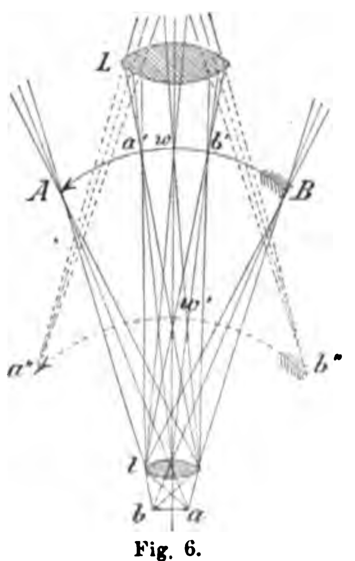


Fig. 6.

Aus der Zeichnung in Fig. 6. ergibt sich auch, dass nur der Abschnitt des Bildes, welcher zwischen *a'* und *b'* liegt, übersehen werden kann, weil die Strahlen von *b B* und *a A* an den Rändern der Ocularlinse *L* vorbeigehen. Der übersehbare Theil *a' b'* heisst Gesichtsfeld.

Um nun dieses Gesichtsfeld grösser zu machen und, wie wir später sehen werden, auch aus anderen Gründen, schaltet man zwischen *L* und *l*, also zwischen das eigentliche Ocular und das Objectiv noch eine Linse ein, welche man „Collectiv“ nennt, weil sie das Bild *A B* zusammenzieht, indem sie die Strahlen sammelt. Man könnte für Collectiv ganz ohne weiters den deutschen Ausdruck „Sammellinse“ setzen. Das Collectiv ist denn auch eine planconvexe Sammellinse, etwas grösser als die Ocularlinse im engerem Sinne, welche mit der letzteren in ein Rohr gefasst wird. Dieses Rohr mit der eigentlichen Ocularlinse und dem Collectiv nennt man schlechtweg „Ocular“ und zwar nach Huyghens und Campani, welche dieses Ocular schon in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts bei Fernrohren und Mikroskopen angewendet haben sollen, Huyghens'sches resp. Campani'sches Ocular.

§ 7. Bevor wir weitergehen, müssen wir zwei störende Erscheinungen besprechen, welche bewirken, dass die durch die gewöhnlichen Glaslinsen entworfenen oder gesehenen Bilder der Gegenstände nicht ganz correct sind, sondern von der wahren Gestalt des Gegenstandes abweichen. Da die eine Abweichung von der wahren Gestalt des Gegenstandes eine Folge der Kugelgestalt der verwendeten Linsen ist[1]), so nennt man diese erstere Ab-

[1]) Es gelang bisher noch nicht, parabolische Linsen zu schleifen.

weichung die sphärische Aberration. Die andere Aberration, die chromatische, heisst desshalb so, weil sie auf der Farbenzerstreuung des zusammengesetzten weissen Lichtes beruht.

§ 8. Die sphärische Aberration zeigt sich bei einer einfachen Linse darin, dass die Strahlen sich nicht, wie man aus dem Worte „Brennpunkt" anzunehmen Ursache hätte, in einem Punkte vereinigen, sondern in einer gewissen Fläche (Brennfläche, kaustische Fläche, weshalb auch ein mathematischer Brennpunkt bei sphärischen Linsen eine Fiction ist.

Fig. 7 wird dies erläutern. Denken wir uns vorläufig die Blende *Bl* weg und es sei *A B* die sphärische Linse, auf welche die Strahlen *a, b, c, d* treffen, *x y* sei die optische Axe der Linse, so ist nun einleuchtend, dass die Randstrahlen *a* und *b*, mit der sphärischen Oberfläche der Linse Winkel bilden, die mehr vom rechten Winkel abweichen, als die Strahlen *c* und *d*, welche in der Nähe der optischen Axe *x y* durch die Linse hindurchgehen. Nennen wir die Strahlen *a* und *b* Randstrahlen und die Strahlen *c* und *d* Centralstrahlen, so ergibt sich, dass die Randstrahlen eine kürzere Brennweite haben, als die Centralstrahlen. Schon in unserer Zeichnung

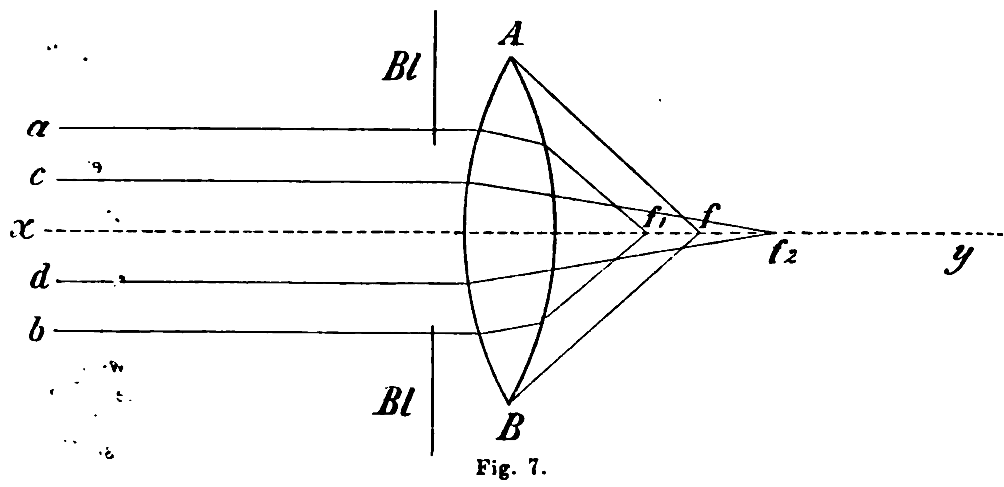


Fig. 7.

sehen wir mehrere Brennpunkte entstehen, nämlich einen für die Randstrahlen f_1 und einen für die Centralstrahlen f_2. Es entsteht also anstatt des theoretischen (mathematischen) Brennpunktes f eine Brennlinie, gebildet von den Brennpunkten der Strahlen, welche auf verschiedene Theile der sphärischen Linse auftreffen; da aber in unserer Fig. 7 blos die Strahlen einer einzigen Ebene in Betracht gezogen wurden, bei einer runden Linse aber unendlich viele solche Ebenen durch den Strahlenkegel gelegt gedacht werden können, so wird durch die sphärische Form der Linsenhälften nicht eine Brennlinie, sondern eine Brennfläche (vgl. in diesem Paragraph oben), ja ein Brennraum entstehen.

Eine Folge des Entstehens eines Brennraumes ist, dass die von einem Gegenstande, etwa einem Floh, einer Mücke etc., welche wir durch eine gewöhnliche convexe Linse betrachten — ausgehenden Strahlen sich nicht zu einem einzigen Bilde wieder vereinigen, sondern dass sich eine ganze Reihe von unendlich vielen, dicht hintereinander liegenden Bildern ergibt, welche allerdings auf das Auge den Eindruck eines einzigen Bildes, jedoch eines solchen mit verschwommenen Umrissen hervorbringen, was sehr störend wirkt. Lassen wir von derselben Convexlinse, anstatt sie als Lupe zu gebrauchen, ein reelles Bild eines stark beleuchteten kleinen Gegenstandes entwerfen, wie dies ja im zusammengesetzten Mikroskope geschieht und fangen es auf einem Stückchen dünnen Papieres auf, so werden wir auch hier bald sehen,

dass das Bild unscharfe, verschwommene Umrisse hat, weil in Folge der sph-
schen Aberration eine Menge einander zum Theil deckender und verwirren
Bilder entsteht.

§ 9. Aber nicht nur eine Verschwommenheit der Bilder, seien
n u n v i r t u e l l e, wie sie sich durch d i r e c t e s B e t r a c h t e n eines Geg
standes durch eine Linse ergeben oder r e e l l e, wie solche durch E n t w e r f
eines Bildes (etwa auf einem Schirme) entstehen, hat die sphärische G
der Linsen im Gefolge, sondern auch direct wahrnehmbare V e r z e r r u n g
der wahren Gestalt der betrachteten oder durch Projection zur Anschau
gebrachten Bilder der Objecte.

Würde man unter einem Mikroskope, welches derart eingerichtet ist, w
das in Figur 6 schematisch abgebildete, ein etwa in Glas eingeritztes Netz
parallelen Linien (Fig. 8) betrachten, so würde es sich so darstellen, w
Figur 10 zeigt, so dass scheinbar das Gesichtsfeld uneben, nach der Mitte
vertieft erscheint.

Würde man nun von dem in Fig. 6 schematisch abgebildeten Mikrosk
die Ocularlinse L wegnehmen und an deren Stelle das Auge bringen, oder in ein
dunklen Raume das von der Objectivlinse l entworfene Bild des Netzes a
einem Schirme aus Papier etc., welchen man über die Tubusöffnung hält, währ
das Object (das Netz) hell beleuchtet wird, betrachten, so würde man das B
des Netzes so erscheinen sehen, wie Fig. 9 es darstellt, also nach oben gew

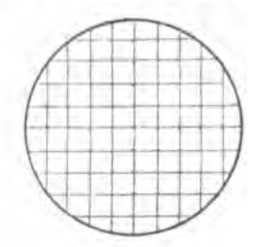


Fig. 8.

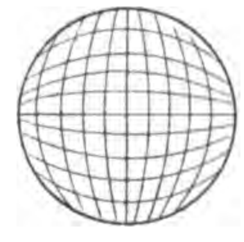


Fig. 9.

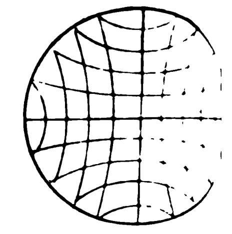


Fig. 10.

Würde man dagegen das in Fig. 8 abgebildete Netz paralleler Linien mitt
des Ocularglases L gleichwie durch eine Lupe betrachten, so würde d
Bild abermals so erscheinen, wie in Fig. 10.

Diese Erscheinungen erklären sich daraus, dass die Objectivlinse in Fo
der sphärischen Gestalt derselben bei Entwerfung eines Bildes die am Rand
ausgehenden Strahlen k e g e l in Strahlen b ü s c h e l umwandelt, welche sich nic
mehr vereinigen (Convergenzfehler) und die Randpartien des verkehrt entw
fenen Bildes weniger stark vergrössert erscheinen, als die Mittelpartien, w
gegen die Ocularlinse bei directer Betrachtung des Netzes ein virtuell
aufrechtes Bild desselben entwirft, welches gerade die entgegengesetzten Feh
hat, nämlich stärkere Vergrösserung der Randpartien als der Mittelpartien. D
nun die beiden Fehler entgegengesetzt sind, würden sie sich aufheben, wen
nicht das Ocular L im Verhältnis zum Objective eine bedeutendere Grös
hätte, so dass dessen Einfluss überwiegt und somit durch das in Fig.
abgebildete Mikroskop das Bild des Netzes in Fig. 8 so e r s c h e i n t, wi
Figur 10 zeigt. Ganz entgegengesetzt dieser s c h e i n b a r e n W ö l b u n g i
die wirkliche K r ü m m u n g des Gesichtsfeldes; diese zeigt sich darin, dass
wenn man etwa durch das Mikroskop in Fig. 6 ein ganz ebenes Object, z. B
einen zwischen 2 Gläsern flachgedrückten Mückenflügel betrachten würde
man bei Beobachtung der an den Rand des Gesichtsfeldes fallenden Partien
des Bildes den Tubus senken müsste, worauf dann hingegen die Mittelpartien
undeutlich werden würden. Diese wirkliche K r ü m m u n g des Gesichtsfeld
ist wohl zu unterscheiden von der vorgedachten scheinbaren Wölbung. Dies

wirkliche Krümmung tritt auch bei den besten Mikroskopen hervor und sogar bei den sogenannten Apochromaten, welche wir später als Triumph der modernen mikroskopischen Technik kennen lernen werden, ist sie auffallend bemerkbar[1]), da auch hier die von verschiedenen Punkten einer horizontal stehenden ebenen Fläche gelieferten Bilder nicht in einer Ebene liegen.

Die chromatische Aberration.

Würde man durch das Mikroskop in Fig. 6. ein Präparat, etwa wie oben erwähnt, einen Mückenflügel, betrachten, so würden alle Contouren störende Farbensäume zeigen.

§ 10. Diese Erscheinung nennt man chromatische Aberration. Bekanntlich besteht das weisse Licht aus den sieben Regenbogenfarben und deren unzähligen Uebergängen. Es sind das die sogenannten Spectralfarben. Diese haben aber eine verschiedene Brechbarkeit. Die violetten Strahlen werden stärker gebrochen als die rothen. (Siehe Fig. 11.)

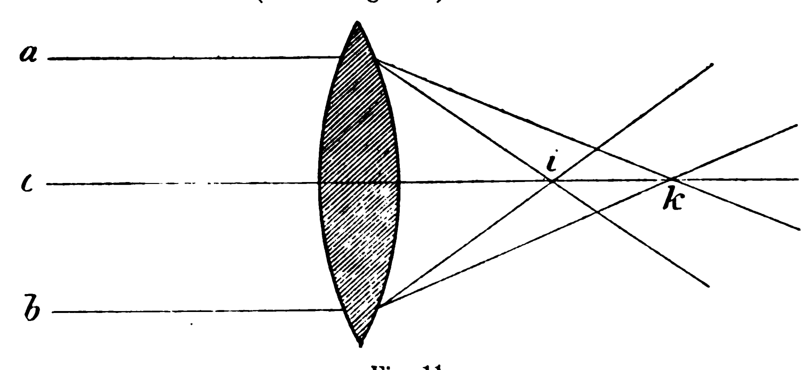


Fig. 11.
Chromatische Aberration.

Die violetten Strahlen werden in *i*, die rothen Strahlen in *k* vereinigt, sie haben also verschiedene Brennpunkte und separiren sich. Diese Separation der verschiedenfarbigen Strahlen nennt man Dispersion. Sie ist sehr verschieden, je nach dem brechenden Medium, doch besteht zwischen Brechung und Farbenzerstreuung (Dispersion) keineswegs Proportionalität. Während z B. die Dispersion des sogenannten Flintglases eine doppelt so grosse ist, wie bei sogen. Crownglase, ist die Grösse des Brechungvermögens dieser beiden chemisch verschiedenen Gläser eine weniger von einander verschiedene.

Die zwischen violetten und rothen Strahlen liegenden sogen. mittleren Farben haben weniger grelle Unterschiede in der Brechbarkeit, obwohl noch immer merkliche. Man nennt sie in ihrer Gesammtheit das „secundäre Spectrum“.

§ 11. Diese beiden besprochenen Abweichungen beeinträchtigen nun das Bild des Gesehenen in sehr complicirter Weise, in ungemein complicirterer Weise wenigstens, als wir es hier auch nur anzudeuten vermochten.

Prof. E. Abbe in Jena hat diese Abweichungen gründlich untersucht und hat sie in 2 Haupt-Classen getheilt:

I. Fehler der Focalwirkung (Abweichungen im engeren Sinne) und

II. Fehler der Flächenausbreitung oder Vergrösserung.

---

[1]) Das Mikroskop von Dr. A. Zimmermann. Leipzig und Wien. Verlag v. Franz Deuticke 1895. S. 61.

Die Fehler I. Classe sind:

1. Die sphärische Abweichung.
2. Die chromatische Abweichung.
3. Die chromatische Differenz der sphärischen Abweichung.

Die Fehler der II. Classe sind:

1. Echte Vergrösserungsfehler.

a) Unterschiede der Vergrösserung in den verschiedenen Zonen der Linse oder des Linsensystems; verschiedene Grösse der Bilder, welche von demselben Flächenelement der Objectebene durch Strahlenbüschel von verschiedener Neigung zur Achse entworfen werden, sogen. „Convergenzfehler“.

b) Die chromatische Differenz der Vergrösserung (verschiedene Brennweite für verschiedene Farben).

2. Sphärische Abweichung ausser der Achse. (Die von demselben Flächenelement durch Strahlenbündel von verschiedener Neigung zur Achse entworfenen Bilder liegen hinter- und nebeneinander.)

3. Wirkliche Wölbung. (Krümmung des Sehfeldes, vide oben §. 8, am Ende.)

4. Verzerrung des Bildes. (Vide unseren § 8 und insbesondere die Figuren 9 und 10.)

5. Astigmatische Differenz der Vereinigungsweite. (Auf centrische Strahlenbüschel übt die Krümmung der Linsenfläche in zu einander senkrecht stehenden Meridianen ungleiche Wirkung aus. Die dadurch bedingten Fehler vermischen sich in der Praxis völlig mit den übrigen Anomalien.[1])

Alle diese Fehler würde das schematisch in unserer Figur 6 dargestellte Mikroskop in höchstem Maasse aufweisen. Die meisten dieser Fehler wurden in den neuesten und besten Instrumenten sehr verbessert, wenn auch nicht aufgehoben.

§ 12. In § 5 dieses Werkchens haben wir uns unterbrochen, als wir vom gebräuchlichsten Ocular, dem Huyghen'schen oder Campani'schen sprachen und behandelten inzwischen die sogenannten Aberrationen, weil zum Verständnisse der Wirkungsweise der besprochenen und auch aller anderen Linsencombinationen (Ocular- und Collectivglas und dergl.) die Kenntniss der Abbildungsfehler der Linsen erforderlich ist.

Wir fahren nun weiter fort und recapituliren, dass durch das in Fig. 6 schematisch abgebildete Mikroskop alle Gegenstände wohl vergrössert, jedoch verzerrt (scheinbar gekrümmt), mit breiten Farbensäumen umgeben erscheinen und auch nur zu verhältnissmässig sehr kleinem Theile überblickt werden würden.

Zur theilweisen Beseitigung dieser Uebelstände ist dem Ocular eine zweite Linse, Collectivlinse oder Collectiv genannt, in einer solchen Entfernung von der Ocularlinse angefügt, dass das Bild des Objectes zwischen dem Ocular und dieser anderen Linse entsteht. Das Collectiv bietet nun folgende Vortheile. Zunächst bricht es die von dem Objecte her gelangenden Strahlen nach der Achse zu, und das Bild des Objects, welches ohne Collectiv (Fig. 12) in $c' a' b'$ entworfen werden würde und zu ausgedehnt wäre, um durch das Ocularglas o übersehen zu werden, erscheint nun in $c'' a'' b''$. Das Object liegt daher in dem Sehfelde, es wird ganz gesehen, und nicht nur ein Theil desselben, wie bei Abwesenheit des Collectivs. Ferner vermehrt das Collectiv die Helligkeit des Bildes, denn die Strahlen von der Ausdehnung $c' a' b'$ erleuchten jetzt den kleinen Raum $c'' a'' b''$. Endlich sollte das Collectiv ein ebenes Sehfeld bewirken, indem sich das Bild $c'' a'' b''$ angeblich in entgegengesetzter Krümmung von dem Bilde $c' a' b'$ zeigt, und die Krümmungen des Oculars und des Collectivs damit in ein gewisses Verhältniss gesetzt werden können.

[1]) Dippel, Grundzüge S. 67 u. ff. Dr. Petri, Das Mikroskop, Berlin 1896 bei Richard Schoetz, S. 207 u. ff.

Diese letztere Deduction ist aber, wie Dippel nachwies, ganz falsch, da das Collectiv die wirkliche Krümmung des Bildes (§ 9 d. B.) im selben Sinne mitmacht, nicht aber, wie dies in Fig. 12 gezeichnet ist, in entgegengesetzter Weise.

Die diesbezügliche Abbildung des classischen Harting ist unrichtig, wenn sie auch von vielen nachgezeichnet wurde.

Richtig dagegen ist, dass die sphärische Aberration durch die Combination des Ocularglases mit dem Collective verbessert und so die Verzerrung, also die scheinbare Krümmung (Fig 10) aufgehoben werden kann, was eine scheinbare Ebnung des Gesichtsfeldes herbeiführt. Dies ist gut zu wissen, um nicht unmögliche Anforderungen an ein Mikroskop zu stellen.

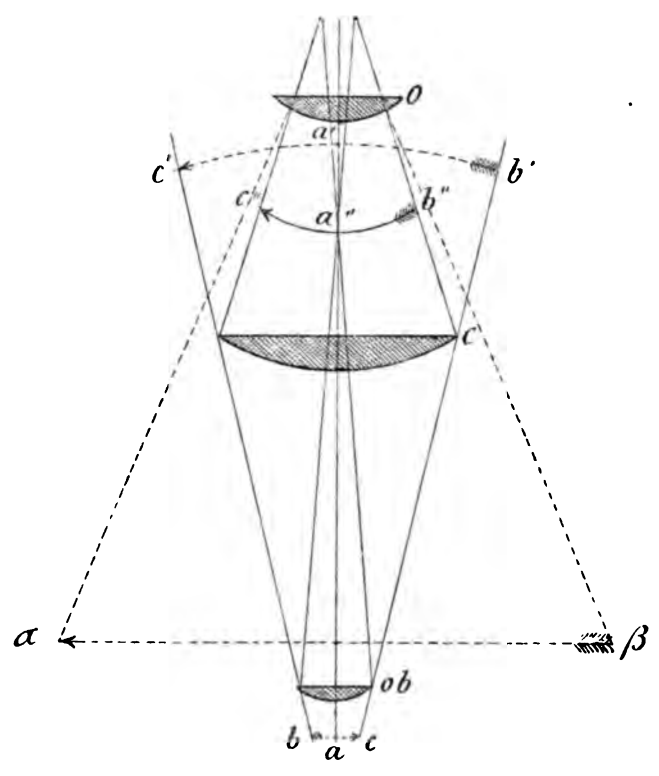


Fig. 12. Wirkung der Collectivlinse.

Weiters heben wir hervor, dass auch die chromatische Aberration durch das Zusammenwirken der Collectivlinse *c* mit der Ocularlinse *o* verbessert werden kann und in der Praxis auch corrigirt wird. Da die Collectivlinse *c* n
nicht achromatisch ist und das Bild, welches dann durch das Oc
betrachtet wird, hinter ihr entworfen wird, so entsteht durch die Ze
weissen Strahles in die prismatischen Farben eine ganze Reihe v
das rothe Bild, als das von den am wenigsten brechbaren Strahle
wird am weitesten hinter *c*, jenes der violetten, also am meisten l
Strahlen, am nächsten bei *c* liegen. Der Beschauer sieht nun di
innerhalb der Ocularbrennweite in derselben Richtung und sie deck

Diese Hauptstrahlen können nun die Linse *o* parallel verlassen, d
rothe Strahl trifft einen näher zum Rande gelegenen Theil de
also (vgl. § 8) auf eine stärker brechende Linsen
barere violette Strahl, so dass die geringere Brechbark

durch die Lage der ihm zugehörigen Linsenstelle einigermassen **compensir**
wird. Man sieht also, dass das aus Ocular *o* und Collectiv *c* bestehende
Huyghen'sche oder Campani'sche Ocular schon an und für sich die chromati-
Aberration des Objectives verbessert. Neuester Zeit werden für die b[illegible]
Objective eigens zugehörige **Compensationsoculare** hergestellt, welche z.
Theile complicirter gebaut sind und auf welche wir hier noch nicht einge[illegible]
können; diese haben den Zweck, den noch auch bei den sogen. Apochroma[illegible]
verbleibenden Rest von Farbenabweichung zu beheben.

§ 13. Die hauptsächlichsten Fehler, welche die chromatische und auch d[illegible]
sphärische Abweichung hervorbringen, müssen jedoch schon bei Anfertigung [illegible]
Objectives beseitigt werden. Man verwendet deshalb zu Mikroskopen als **Obj**[illegible]
tiv selten eine einzelne Linse, etwa wie Fig. 6 und Fig. 12 solche darst[illegible]
(Fig. 6 *l* und Fig. 12 *ob*), sondern Linsencombinationen, um die Abweichung
zu verbessern und wendet überdies noch zu demselben Zwecke verschied[illegible]
andere Kunstgriffe an.

Linsencombinationen, welche der Anforderung entsprechen, ein mögl[illegible]

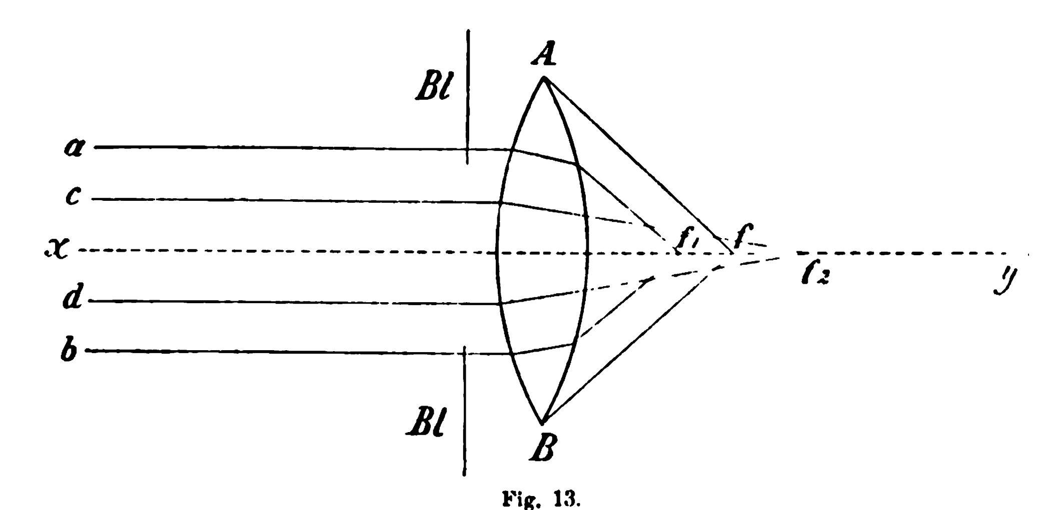


Fig. 13.

von allen Abweichungen freies Bild zu geben, nennt man seit langer Z[illegible]
aplanatische und die Lehre von den Kunstgriffen, wie dies zu erreich[illegible]
„**Aplanasie**".

Die „Aplanasie" wurde seit mehr als 100 Jahren practisch geübt u[illegible]
theoretisch[2]) begründet und zunächst zur Verbesserung des **einfach**[illegible]
Mikroskopes (vergl. Einl.) benützt; das einfache Mikroskop bedurfte, u[illegible]
aplanatisch zu sein, nicht unbedingt der achromatischen Glascombination[illegible]
welche man erst viel später kennen lernte. Die an dem einfachen Mikroskope erziel[illegible]
Fortschritte kamen dann allen optischen Instrumenten und somit auch spä[illegible]
dem zusammengesetzten Mikroskope zu gute; aber auch das einfache Mikrosk[illegible]
erlangte erst in diesem Jahrhunderte durch **zielbewusste** Verbesseru[illegible]
der Mängel der Linsen seine Vollendung.

Wir wollen nun die Bedingungen untersuchen, unter welchen sich d[illegible]
Abweichungen der Linsen verbessern lassen, denn diese Bedingungen z[illegible]
kennen, ist auch für den Practiker nicht unnütz.

§ 14. Betrachten wir zunächst nochmals Fig. 7, welche hier als Fig. 1[illegible]
abermals in den Text eingedruckt wurde. Wir sehen nach dem im § 8 Ge-
sagten ein, dass es die Randstrahlen sind, welche eine kürzere Brennwe[illegible]

---

[1]) Die Entfernung des Ocular[illegible] Summe ihrer Brennweite entspre[illegible]
[2]) So von Euler 1764 in den [illegible] der Akademie Bd. XX. S. 105.

haben, als die Centralstrahlen. Diese Differenz zwischen den Brennweiten der verschieden situirten Strahlen ist also ein Hauptgrund der Undeutlichkeit des von einer solchen Linse entworfenen Bildes oder durch dieselbe betrachteten Gegenstandes. Schneiden wir nun durch Einschaltung der Blende *Bl* den grössten Theil der Randstrahlen ab, so wird natürlich die Deutlichkeit eine grössere werden, weil eben dann die Wirkung der Centralstrahlen überwiegt.

Wir haben durch den Kunstgriff, die Oeffnung der Linse durch eine Blende (Diaphragma) zu verkleinern, eine Verbesserung der sphärischen Aberration zu Wege gebracht. Dieser Kunstgriff wird auch heute noch bei allen optischen Instrumenten angewendet, aber mit Maass, denn durch Abschneiden der Randstrahlen geht Licht und damit indirect auch wieder Deutlichkeit der Wahrnehmung verloren, so dass wir durch Verminderung der Oeffnung allein keine für optische Apparate erspriessliche Wirkung erzielen könnten. Wäre f der mathematische Brennpunkt der Linse AB, so würde der Winkel AfB das Maass der grössten Oeffnung, durch welche bei der gegebenen Linse Licht hindurch treten könnte — angeben. Wir sehen ein, dass dieser geometrische oder mathematische Oeffnungswinkel eigentlich nicht existirt, da eine sphärische Linse keinen mathematischen Brennpunkt hat (vgl. § 8); in der Praxis bezeichnet man daher als Oeffnungswinkel jenen Winkel, welchen die den von einem Punkte des zu betrachtenden Objectes ausgehenden Strahlenkegel begrenzenden Strahlen mit einander bilden. Dieser gibt dann das wahre Maass der Oeffnung einer Linse. Die Blendung reducirt nun diesen Oeffnungswinkel und es erübrigt ein restlicher kleinerer Oeffnungswinkel, welchen wir wirksame oder nutzbare Oeffnung nennen wollen. Ueber die Bedeutung des wahren Oeffnungswinkels resp. einer Function desselben werden wir im Folgenden noch oft zu sprechen haben; hier sei nur nochmals betont, dass der Gewinn an Deutlichkeit, den eine erhebliche Verringerung der Oeffnung bewirkt — alsbald aufgewogen wird durch die Lichtverluste und dass, wie wir später sehen werden, gerade die durch die Blendung abgeschnittenen Randstrahlen an dem Zustandekommen eines hellen und der Wahrheit möglichst nahekommenden Bildes des gesehenen Objectes den grössten Antheil haben.

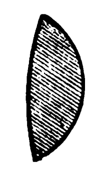


Fig. 14. „Linse von der besten Form".

§ 15. Man hat deshalb auch auf andere Weise versucht, die Abweichungen zu verbessern, und zwar zunächst durch die Form, welche man den Vergrösserungsgläsern gab. Man fand mehr durch Erfahrung als durch theoretische Berechnung, dass eine planconvexe Linse unter sonst gleichen Umständen eine geringere Verzerrung gab, als eine biconvexe mit symmetrischen Convexitäten auf beiden Seiten. Durch Versuche mit den Krystalllinsen aus Thier- und Menschenaugen und Schleifversuche kam man auf biconvexe Linsen von ungleich grossen Convexitäten und berechnete schliesslich eine sogen. Linse „von der besten Form", bei welcher für eine Glassorte vom Brechungsexponenten 1·53 der Halbmesser der Kugel, deren Abschnitt die Vorderfläche der Linse darstellt, zu jenem der Hinterfläche sich verhält wie 100 zu 733.

Fig. 14 stellt eine solche Linse „von der besten Form" im Durchschnitte schematisch dar; man sieht, dass sie sich einer planconvexen sehr nähert. Wirklich ist die sphärische Aberration einer planconvexen Linse blos 1·081 mal grösser als jene einer Linse von der besten Form.

Aber auch die Linse von der besten Form hat eine bedeutende sphärische Abweichung, abgesehen von der färbigen, wenn sie stark vergrössern soll, weil dann die Krümmung eine sehr grosse sein muss, denn es muss dann die Brennweite sehr kurz gemacht werden. Es lehrt dies folgende Betrachtung: Die Vergrösserung v einer einfachen Linse ist nämlich (die Ableitung erlassen

wir uns) $=\frac{d}{p}+1$ wobei d die deutliche Sehweite (siehe Einl.) und p die Brennweite ist, v ist aber desto grösser, je kleiner p ist, wenn sich d gleichbleibt, was also nichts anderes heisst, als dass die Brennweite klein sein muss, wenn die Vergrösserung gross sein soll. Bezeichnen wir den Brechungsexponenten n und den Halbmesser (Radius) der grösseren Erhabenheit mit R und jenen der kleineren mit r, so wurde die Formel für das Verhältniss der Brennweite zum Radius berechnet wie folgt: $\frac{1}{p}=(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{r}\right)$.

§ 16. Aus dieser Formel ergibt sich, dass p desto kleiner wird, je kleiner R und r werden. Da aber v desto grösser wird, je kleiner p wird, so wird v auch desto grösser, je kleiner R und r werden.

Je kleiner aber R und r, desto stärker gekrümmt wird die Linse sein und desto stärker auch die sphärische Abweichungen werden müssen, abgesehen davon, dass sich so kleine, stark gekrümmte Linsen technisch sehr schwierig herstellen lassen. Man hat deshalb zunächst anstatt Glas stärker brechende Medien, wie z. B. Saphir und Diamant zu Linsen zu verwenden versucht, weil da, wie wir oben gesehen haben, auch n (Brechungsindex) eine Rolle spielt und p bei gleichgrossem R und r desto kleiner wird, je grösser n wird, man aus diesen stärker als Glas brechenden Substanzen Vergrösserungsgläser von stärkerer Vergrösserung herzustellen im Stande ist, ohne die Krümmung so stark machen zu müssen, wie bei Glas. Sei der Brechungsindex des Glases 1·53, so ist jener des Saphirs 1·79 und des Diamanten gar 2·487. Daraus lässt sich nach den Formeln: $v=\frac{d}{p}+1$ und $\frac{1}{p}=(n-1)\left(\frac{1}{R}\times\frac{1}{r}\right)$ berechnen, dass Linsen von gleicher Krümmung und Brennweite aus Glas, Saphir und Diamant Vergrösserungen aufweisen werden, welche sich verhalten wie 110 : 156 : 297. Der hohe Preis solcher Edelsteinlinsen liess jedoch eine ausgedehntere Verwendung nicht zu und man versuchte es nun, durch Combination mehrerer schwächer gekrümmter Linsen zu einem Linsensysteme die Brennweite dieses Systems zu verkürzen und dadurch auch stärkere Vergrösserungen hervorzubringen, ohne an Lichtstärke zuviel einzubüssen.

§ 17. Bei den zusammengesetzten Mikroskopen wendeten schon Conradi, Divini, Sturm, u. a.[1]) die Combination mehrerer Linsen zu einem Systeme im 18. Jahrhunderte an. Dadurch war man nicht nur in die Lage versetzt, grössere Linsen mit längeren Brennweiten und an sich geringerer Aberration auch zu stärkeren Vergrösserungen zu benützen, sondern man konnte durch Ausprobiren, sowie auch durch theoretische Berechnung darauf kommen, mehrere Linsen derart in Bezug auf Gestalt und Radius zu wählen und zu einem Systeme zu vereinigen, dass dadurch wenigstens die sphärische Aberration wesentlich verbessert wurde. Uebrigens ist der Kunstgriff, zwischen Ocularlinse und Objectiv des zusammengesetzten Mikroskopes die Collectivlinse einzuschalten, also zwei Linsen zu einem Oculare zu combiniren, und damit die im § 12 besprochenen optischen Vortheile zu erzielen, älter, als die Combination von mehreren Linsen zu Objectiven. Der Coburger Schlossprediger Conradi hatte schon 1710 Objective aus zwei convexen Linsen zusammengesetzt, um grössere Correction der Aberration und eine grössere Helligkeit zu erzielen. Die letztere ergab sich daher, dass die mehreren grösseren Linsen — zu einem Systeme vereint — mehr Licht hindurchliessen, als eine ebenso stark vergrössernde kleine Linse von starker Krümmung, da letztere eine geringere Oeffnung hatte und überdies wegen ihrer stärkeren sphärischen Aberration mittelst kleinerer Blende abgeblendet werden musste.

[1]) Vgl. Dr. R. J. Petri, „Das Mikroskop". Berlin 1896. S. 70 u. ff.

Durch diese Versuche und Erfahrungenk am man zu dem Ergebniss, dass nachstehende Bedingungen eingehalten werden müssen, um durch Combination mehrerer Linsen zu einem Systeme gute Resultate zu erzielen:

1. Die Mittelpunkte der Linsen müssen zusammenfallen; die Linsen müssen also gut „centrirt“, d. h. in der Achse des Rohres, in welchem sie gefasst sind, derart gelagert sein, dass die optischen Achsen der Linsen (siehe Einl.) mit der vorgenannten Achse des Rohres zusammenfallen, dass also diese Rohrachse die optische Achse des Instrumentes darstellt.

2. Die Linsen sollen nicht biconvex, sondern planconvex sein, und zwar sollen die Convexitäten entweder alle nach innen (vom zu betrachtenden Objecte abgekehrt) oder einige nach innen und eine nach aussen gerichtet sein; alle nach aussen zu richten ist unvortheilhaft[1]).

3. Man combinirt zweckmässigerweise auch Linsen verschiedener Brennweiten miteinander (schwächere und stärkere), wobei die schwächere in der Regel dem Auge zugekehrt wird, die stärkste dem zu betrachtenden Gegenstande.

§ 18. Aber auch mit den betrachteten Mitteln konnte, da die chromatische Aberration verblieb — bei dem zusammengesetzten Mikroskope ein Erfolg nicht erzielt werden, da hier ein reelles, von Farbensäumen undeutlich gemachtes Bild vorlag. Nur beim einfachen Mikroskope, woselbst die Farbenzerstreuung im virtuellen Bilde nicht störend hervortritt, war mit der Combination von Linsen behufs Erlangung grösserer Lichtstärke und Aplanasie bei stärkerem Vergrösserungsvermögen ein namhafter Fortschritt auch vor der Herstellung achromatischer Objective zu erzielen, er wurde aber doch nicht eher ausgenützt, als bis das achromatische zusammengesetzte Mikroskop mit dem bisher wegen seiner Farbenfreiheit von den Gelehrten bevorzugten „Simplex“[2]) in ernste Concurrenz trat. So kam es, dass Wollaston erst 1829, nachdem Selligue schon 1824 ein brauchbares achromatisches „Compositum“[3]) ja vor ihm schon 1807 van Deyl und 1791 der Cavallerieoberst François Beelsnyder ziemlich brauchbare achromatische Objective für das zusammengesetzte Mikroskop verfertigt hatten, ein wirklich brauchbares aplanatisches (jedoch nicht achromatisches) Doublet, d. h. eine Doppellupe aus zwei mit ihren ebenen Flächen dem Object zugekehrten planconvexen Linsen fertig brachte und zwar durch Probiren, nicht auf Grund theoretischer Berechnung. Wollaston war es nebenbei bemerkt auch, welcher zwei planconvexe Linsen mit ihren planen Flächen aufeinander legte und die Randstrahlen durch einen dazwischen gelegten metallenen Rand abschnitt (vgl. § 8). Solche Linsen nannte er „periskopische“.

§ 19. Da bei dem Uebergange des Lichtes aus Luft in Glas oder überhaupt bei dem Eintritte von Licht aus einem Medium in ein verschieden brechendes anderes durch Reflexion Lichtverluste entstehen und sich auch andere Nachtheile, die wir weiter unten an anderer Stelle zu besprechen haben werden[4]), ergeben, so füllte Brewster (1837) den Zwischenraum zwischen den periskopischen Linsen Wollaston's mit Canadabalsam aus, einem terpentinartigen Stoffe, welchem wir noch öfter in der mikroskopischen Technik begegnen werden, und welcher nahezu dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzt wie Glas. Wollaston, Brewster, Stanhope und Coddington nahmen dann gar ein einziges Stück Glas und schliffen daran Convexitäten in der Weise, dass das Stück Glas ein Linsensystem aus 2 Linsen darstellte, wobei zwischen den Linsen anstatt Luft — Glas war. Die Randstrahlen blendeten sie durch Einschleifen von Höhlungen und Rinnen in das Glas ab. Diese sogen. Vogelaugenlinsen waren also (mit Ausnahme von *d* in Fig. 15), eigentlich Linsensysteme bestehend aus 2 Linsen in bestimmter Entfernung, um die beste

[1]) Dr. J. Petri. a. a. O.
[2]) Einfaches Mikroskop.
[3]) Zusammengesetztes Mikroskop.
[4]) Vgl. weiter unten § 22.

Wirkung zu erzielen und nicht einfache Linsen. Fig. 15 zeigt uns in *a* die Brewster'sche, in *b* die Coddington'sche Lupe. Die Rinne *r* ersetzt hier eine Abblendung; *c* zeigt die Stanhope'sche Cylinderlupe, *d* eine kleine planconvexe Cylinderlupe, wie sie zur Vergrösserung kleiner Photographien in Uhrschlüsseln, Federstielen etc. in Anwendung kommt.

§ 20. Der Hauptfortschritt in der Optik war inzwischen schon gemacht, die achromatischen Linsencombinationen waren erfunden und damit das wichtigste Mittel, die Aplanasie in vollkommenster Weise zu erreichen, den Optikern an die Hand gegeben worden, und wenn auch das einfache Mikroskop wegen der damaligen hohen Herstellungskosten der zusammengesetzten Mikroskope dominirte und sich die Gelehrten bis in die Mitte unseres Jahrhunderts desselben noch sehr viel zu Forschungen subtilster Art bedienten, begann nun das Mikroskop schlechthin, das „Compositum" eine immer grössere Bedeutung zu erlangen und schon das 1846 in Tübingen erschienene Werk Hugo von Mohl's „Mikrographie oder Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche des Mikroskops" lässt den Sieg des Compositums über das nunmehr blos als Präparirinstrument verwendete Simplex, auf welches wir in dieser Eigenschaft weiter unten noch zu sprechen kommen werden, ahnen. Die Achromasie war zu Hugo v. Mohl's Zeiten bereits in allgemeiner Anwendung und machte seither fast alljährlich Fortschritte.

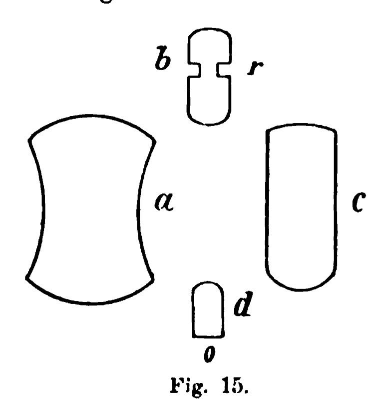


Fig. 15.

Worauf beruht nun diese Achromasie, welche in der Regel auch zu einer nahmhaften Verbesserung der sphärischen Aberration führt, also der Aplanasie im vollsten Sinne des Wortes nahekommt? Sie beruht darauf, dass man Gläser herstellen kann, welche in verschieden starkem Grade das Licht brechen und die Farben des weissen Lichtes zerstreuen. Zur Zeit der Herstellung der ersten tauglichen achromatischen Linsen kannte man bereits im Handel zweierlei Gläser, welche sich zu diesem Zwecke eigneten, nämlich das sogenannte „Crownglas" und das „Flintglas". Schon 1757 verfertigte Dollond mit Zuhilfenahme der vorgenannten Glassorten einige Objective für Fernröhre, welche sich gegenüber den bisher gebräuchlichen durch klare und scharfe Bilder vortheilhaft auszeichneten.

Der holländische Reiteroberst Beelsnyder*) erzeugte wie oben erwähnt, im Jahre 1791 die erste brauchbare achromatische Objectivlinse für Mikroskope. Ihm folgten bald van Deyl, Frauenhofer, Amici, Chevalier, Oberhäuser, unser Plössl, der Berliner Optiker Schieck, sowie insbesondere Oberhäuser's Nachfolger Hartnack.

Die einzelne achromatische Objectivlinse zeigt uns Fig. 16. Man sieht, dass diese achromatische Linse aus 2 Linsen besteht, nämlich einer Convexlinse x aus Crownglas und einer Concavlinse z aus Flintglas. Diese beiden Linsen pflegt man mit einem durchsichtigen Medium, meist einem terpentinartigen Harze (Canadabalsam) zu einer Doppellinse zusammenzukitten. Nicht alle achromatischen Linsen sind derart zusammengesetzt; schon die erste achromatische Linse, welche sich für das Mikroskop brauchbar erwiesen hat, nämlich jene Beelsnyders, bestand aus zwei Biconvexlinsen aus Crownglas von 22 und 19 *mm* Brennweite, welche eine Biconcavlinse aus Flintglas zwischen sich schlossen.

*) Vor ihm (1784) hatte der russische Staatsrath Aepinus einen nicht ganz gelungenen Versuch gemacht romatisches Mikroskop herzustellen. Vgl. Petri S. 164.

Auch neuerer Zeit fertigten modernere Optiker Linsen aus drei Theilen an, so z. B. Steinheil, welcher einen Aplanat für Lupenzwecke aus drei Theilen herstellte; Fig. 17 zeigt das Schema einer solchen 3theiligen „aplanatischen“ Linse nach Steinheil. *a* und *b* (die äusseren Theile) sind concav-convexe Linsen aus Flintglas, die innere Linse *c*, (eine biconvexe) ist aus Crownglas gefertigt.

Solche aplanatische Linsen sind natürlich auch gut achromatisch, aber ganz farbenfreie Bilder geben sie auch nicht, denn es werden blos zwei Farben des Spectrums vereinigt und es bleibt somit noch das sogenannte „secundäre Spectrum“ übrig. (Vgl. § 10.)

§ 21. Man hat nun neuester Zeit Linsen construirt, welche nicht blos 2, sondern 3 Farben vereinigen, so dass das secundäre Spectrum fast völlig zum Verschwinden gebracht wird. Diese Linsen nennt man zum Unterschiede von den achromatischen apochromatische.

Ihre Herstellung wurde nur dadurch möglich, dass man nicht blos Flint- und Crownglas, sondern auch andere brechende Medien zu Hilfe nahm.

Seit 1879 war des berühmten Abbe Bestreben darauf gerichtet, mit Hilfe von eigens combinirten, in einer staatlich unterstützten Glasschmelzerei von Schott & Genossen in Jena angefertigten Glasflüssen unter Mitwirkung des berühmten Optikers Zeiss in Jena, Linsen zu construiren, welche ganz farbenfreie Bilder geben. In § 10 haben wir erwähnt, dass die Dispersion des Flintglases eine doppelt so grosse ist, wie jene des Crownglases, während die Grösse des Brechungsvermögens (Brechungsexponent) eine wenig verschiedene ist. Dies ermöglichte die Construction der achromatischen Linsen. Um aber apochromatische Linsen zu construiren, mussten Substanzen gesucht werden, deren Dispersion eine möglichst verschiedene, deren Brechungsindex aber der gleiche, dabei aber die Farbenzerstreuung für die verschiedenen Farben eine möglichst proportionale sein sollte, damit nicht nur zwei Farben, sondern drei Farben in einem Punkte vereinigt werden.



Fig. 16.

Dr. O. Schott in Witten, ein tüchtiger Glastechniker, setzte sich 1881 mit Abbe in Verbindung und in dem glastechnischen Laboratorium wurden nun Glasflüsse erzeugt, welche mit Hilfe von Bor- und Phosphorzusätzen (Borat- und Phosphatgläser) obigen Bedingungen entsprechen. Carl Reichert in Wien benützt mit vielem Glücke Linsen-Combinationen aus Flussspath und Glas zu apochromatischen Zwecken und der Vorwurf, dass der Flussspath an der Oberfläche leicht verwittert und in Folge dessen die apochromatischen Linsen in warmer und feuchter Luft „anlaufen“ und an der Oberfläche die feine Politur einbüssen — trifft auch die Jenenser Borat- und Phoshatgläser. Für die Tropen sind demnach die Apochromaten weniger verwendbar, in Klima unserer Breiten aber halten sie bei trockener Aufbewahrung langjährige Benützung aus.

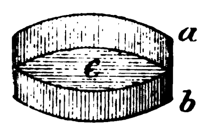


Fig. 17.

Immerhin ist diese, den gewöhnlichen achromatischen Gläsern gegenüber etwas beschränkte Haltbarkeit der apochromatischen Linsen im Zusammenhalte mit deren hohem Preise die Ursache, dass sich noch sehr viele Practiker und Gelehrte in der Regel blos achromatischer Linsensysteme bedienen.

§ 22. Wir wollen daher auch zunächst die Construction achromatischer Objective betrachten. Dieselben bestehen aus den erwähnten achromatischen Linsen, welche durch Eindrücken mit einem Polirstahl in Röhrchen von Messing oder Nickel „gefasst“ sind. „Gefasst“ ist ein technischer Ausdruck und man nennt deshalb die Metalltheile des Objectives, welche unmittelbar die Linsen enthalten, „Linsenfassungen“. Die Thätigkeit der Optiker ist nun eine dreifache: Erstens schleifen sie die Linsen nach einem be-

Oeffnungswinkel ist meist ein untergeordneter Factor bei solchen Linsen, die nur zur Uebersicht über ein Präparat zu dienen bestimmt sind.

Will man aber solche schwache Linsen zu embryologischen Beobachtungen benützen, dann kommt es sehr, namentlich beim Zeichnen und Photographiren von solchen Objecten, auf eine ebene, von der Formaberration möglichst freie Bildfläche an und es ist auch wünschenswerth, dass das Gesichtsfeld ein möglichst grosses sei, d. h. der überblickte Theil des Objectes einen grösstmöglichen Durchmesser habe. Um nun diese beiden Vortheile zu erreichen, macht man auch solche schwache Systeme zweigliedrig, d. h. man setzt sie aus zwei achromatischen Linsen zusammen. Bei der Besprechung der Apochromatobjective werden wir hören, dass Zeiss in Jena neuerdings ein eingliedriges ganz schwaches System verfertigt, dessen einziges Glied aber nicht aus einer achromatischen Linse, sondern aus einer dreitheiligen apochromatischen Linsencombination besteht.

Die mittelstarken Linsensysteme bestehen meist aus drei Gliedern, die stärksten Linsensysteme haben deren mitunter noch mehr; bei den Apochromaten werden wir davon hören.

Alle diese Glieder werden in Messing oder Nickel gefasst und mit einander ein für allemal verbunden. Oben, am offenen Theile, sind die Linsensysteme mit einem Schraubengewinde versehen, so dass sie damit an den Tubus angeschraubt werden können. Es ist nun leicht begreiflich, dass es wünschenswerth erscheint, jedes Linsensystem an jedem Tubus, beziehungsweise an jedem Stative verwenden zu können. Diesem lange nicht beachteten Wunsche ist zuerst dadurch theilweise entsprochen worden, dass man alle continentalen Systeme mit dem sogenannten Hartnack'schen Gewinde (nach dem berühmten Mikroskoperzeuger Hartnack so genannt) versah und den Stativen dieses Gewinde am Tubus einschnitt. Bei demselben ist die Schraubenmutter im System eingelassen, während am Tubus die Schraube angedreht erscheint.

Durch den Zuzug von englischen und amerikanischen Medicinern an die deutschen Kliniken kamen viele englische und amerikanische Instrumente in die deutschen Universitätsstädte und die dortigen Mechaniker — an der Spitze Zeiss in Jena — acceptirten das englisch-amerikanische Gewinde, die sogenannte „society-screw“[1]) als internationales Gewinde. Bei diesem ist die Mutter in den Tubus eingeschnitten und die Schraube am oberen Ende des Objectivsystemes eingedreht, auch ist die englische Verschraubung grösser und schwerfälliger, soll sich aber, was wir dahingestellt sein lassen wollen — leichter centrisch erhalten lassen — als das Hartnack'sche Gewinde. Nach dem Vorgesagten gibt es also jetzt zwei Normalgewinde von internationaler Bedeutung: das Hartnack'sche Gewinde, welches die französischen Firmen beibehalten und das englisch-amerikanische, an welchem die englischen und amerikanischen Firmen zähe festhalten. Die deutschen und österreichischen Firmen haben beide Gewinde acceptirt, indem sie auf Wunsch die Systeme mit einem Zwischenstück liefern, welches mit dem englisch-amerikanischen Gewinde versehen ist und am anderen Ende mittelst der Hartnack'schen Schraube mit dem Linsensysteme verschraubt ist; schraubt man das Zwischenstück ab, so bleibt das System mit der Hartnack'schen Schraube und kann daher direct an jedem mit Hartnack'schem Gewinde versehenen Stative benützt werden; mit dem Zwischenstück passt es auf englische und amerikanische Stative ebenfalls. Merker in Wien macht die theueren Objecte derart, dass an der Aussenseite des oberen, offenen Endes das englische Gewinde, an der Innenseite die Hartnack-Mutter eingeschnitten ist.

[1]) Auch standard-screw genannt.

Uebrigens haben die deutschen und österreichischen Firmen auch ihren Stativen eine wahrhaft internationale Vielseitigkeit dadurch gegeben, dass sie an ihrem Tubus, wie Fig. 18 zeigt, das Zwischenstück *z* anbringen.

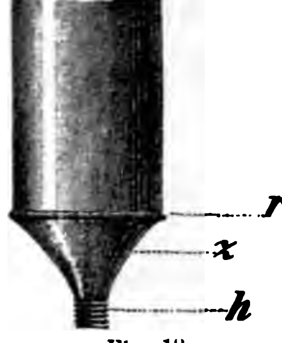


Fig. 18.

Schraubt man an der Randerirung bei *r* das Zwischenstück ab, so passt in die Mutter, in welcher eben jenes Zwischenstück eingeschraubt war, jedes englisch-amerikanische System. Lässt man dagegen dieses Zwischenstück am Tubus, so lässt sich an dem Ende dieses Zwischenstückes, welches am Zapfen *h* das Hartnack'sche Gewinde eingeschnitten trägt — jedes mit dem letztgenannten Gewinde versehene System anbringen.

Aus den vorbeschriebenen Einrichtungen kann nun gefolgert werden, dass man heutzutage, falls man von einer renommirten Firma zu einem Stative Systeme, oder zu Systemen ein neues Stativ bezieht — in der Regel einer Anpassung nicht mehr bedarf. Doch gilt das insoferne — wie wir später sehen werden — nur cum grano salis, als die englisch-amerikanischen Systeme für die Tubuslänge von 10 englischen Zoll optisch berechnet sind, während die continentale Tubuslänge blos 180 *mm* zu betragen pflegt und dass umgekehrt unsere meist für diese Tubuslänge adjustirten continentalen Objectivsysteme — an dem langen englischen Tubus angebracht — keine tadellosen Bilder mehr geben.

§ 23. Wir haben nun das Allgemeine an den Objectivsystemen zum grössten Theile erledigt, müssen aber, bevor wir weiter gehen, den Einfluss besprechen, den Flüssigkeitsschichten und Deckgläser ausüben, unter welchen aus Gründen der Conservirung derselben die Objecte, die man der mikroskopischen Betrachtung unterwirft, meist zu liegen kommen und wodurch dieselben eigentlich erst zu mikroskopischen Präparaten werden. Das Object liegt auf einem Glasstreifen, dem Objectträger, bedeckt mit dem Deckglase und meist eingebettet in einer Conservirungsflüssigkeit. Das Ganze heisst man ein „mikroskopisches Präparat".

Um den Einfluss der Deckgläser oder Flüssigkeitsschichten auf den Gang der Strahlen zu verstehen, ist folgende Erörterung nöthig: Es sei *o* in Fig. 19 ein Punkt eines beleuchteten Objectes, über welchem das Deckglas *A B* liegt. Von diesem Punkte *o* des beleuchteten Objectes geht ein Strahlenkegel aus. Es ist bekannt, dass Lichtstrahlen desto stärker gebrochen werden, je schiefer sie auf die brechende Fläche auffallen; freilich hat dies eine Grenze, indem gar zu schief auffallende Strahlen nicht mehr gebrochen, sondern ganz zurückgeworfen werden.

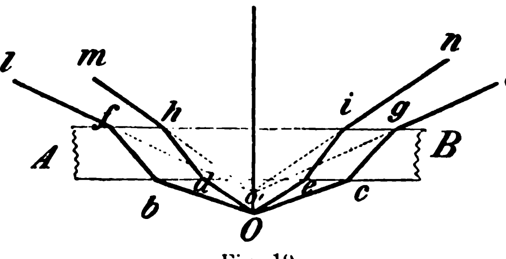


Fig. 19.

o b und *o d* sowie *o c* und *o e* seien solche Strahlen, welche vom Punkte *o* des Objectes ausgehen und vom Deckglase (oder einer das Object bedeckenden Flüssigkeitsschichte *A B*) bei *b*, *d*, *e* und *c* gebrochen werden, so dass sie in den Richtungen *f l*, *h m* einerseits, *i n* und *g s* andererseits beim Austritt aus dem Glase in die Luft fortgehen. Nur der Strahl *o p*, welcher also in der optischen Achse liegt, wird ungebrochen bleiben.

Da aber unserem Auge jeder Lichtstrahl geradlinig erscheint, so sehen wir auch den Punkt *o* durch das Deckglas *A B* hindurch nicht mehr in *o*, sondern

in o', wo die gebrochenen Strahlen fl, hm und in, gs, wie dies durch die punktirten Linien angedeutet ist, zusammentreffen würden, wenn man sie von f, h, i und g geradlinig verlängert. Es erscheint somit durch das Deckglas oder die Wasserschichte jeder Punkt des Objectes, somit auch dieses selbst gehoben, dem Glase selbst genähert, oder sogar in diesem liegend, ähnlich wie eine Münze in einer Schüssel bei dem bekannten Taschenspielerkunststück einem seitlich stehenden Beobachter, der sie des Schüsselrandes wegen nicht sieht — in dem Momente wieder sichtbar wird, in welchem Wasser über die Münze gegossen wird. Auch der Grund in durchsichtigen Seen und Teichen erscheint höher und das Wasser scheinbar seichter u. dgl. mehr.

Aus dem Gesagten folgt also, dass man nur höher einzustellen brauchte, um diesen Einfluss des Deckglases oder einer Wasserschicht über dem Objecte auszugleichen. Dem ist aber nicht so, denn die Strahlen, die nahe der Achse po gehen, werden weniger abgelenkt, als die mehr am Rande gehenden und man sieht deshalb das Object central in seiner richtigen Lage und darüber eine ganze Reihe von Trugbildern des Objectes, welches dadurch in die Höhe gezogen erscheint, somit ähnlich undeutlich, wie dies die sphärische Aberration der Linse bewirken würde. (Vgl. § 8.)



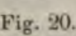

Fig. 20.



Fig. 21.

Da die Deckgläschen sehr dünn sind und auch die Flüssigkeitsschichten über dem Objecte meist eine minimale Dicke haben, so ist diese Undeutlichkeit nicht so gross, um schon bei ganz schwachen Objectiven auffallende Fehler am Bilde zu zeigen; da jedoch die Dicke des mit den übereinander gelegenen Bildern erfüllten Raumes ebenfalls vergrössert wird, da ferner die Randstrahlen, wie schon ausgeführt (vgl. § 8), bedeutend stärker abgelenkt werden, als die axialen Strahlen, so leuchtet ein, dass sich der störende Einfluss desto stärker äussern wird, je stärker die Objective vergrössern und je mehr Randstrahlen sie durchlassen, d. h. je grösser deren wirksame Oeffnung ist.

Diese stärkeren Systeme werden nun entweder schon mit Rücksicht auf eine bestimmte Deckglasdicke hergestellt, so dass dieselben innerhalb gewisser Grenzen, zum Beispiel für Deckgläser von 0·15 bis 0·25 *mm* Dicke, corrigirt erscheinen, oder aber man richtet die Objectivsysteme derart ein, dass der Beobachter selbst dasselbe für die jeweilig angewandte Deckglasdicke corrigiren kann.

§ 24. Hiezu ist eine mechanische Vorrichtung am Objective erforderlich, welche es ermöglicht, die beiden untersten Linsen des meist viergliedrigen Objectivsystemes einander zu nähern oder sie von einander zu entfernen; ersteres für dickere, letzteres für sehr dünne Deckgläschen. Fig. 20 zeigt ein solches Correctionssystem.

Dreht man an der in der Mitte des Systems ersichtlichen hervorragenden Randerirung, so werden die inneren zwei Glieder des Objectivsystemes gehoben oder gesenkt und so den unteren genähert oder entfernt. Man kann auf diese Art während des Beobachtens das Bild nach der jeweiligen Deckglasdicke corrigiren, was ein sehr grosser Vortheil ist, da man dabei sieht, wie die Correction wirkt. Dort aber, wo man die Deckglasdicke kennt, kann man die Correction schon vor der Beobachtung feststellen. Um das Correctionssystem herum (siehe Fig. 21) ist nämlich gürtelförmig eine Theilung angebracht, so dass die Theilstriche und Ziffern beim Drehen an einem Zeichen (Punkt oder Strich), welches am feststehenden Theil des Correctionssystems angebracht ist — vorbeipassiren (diese ganze Vorrichtung heisst technisch „Correctionsring"); jeder Theilstrichabstand entspricht nun gewöhnlich einer Deckglasdicke von $^1/_{100}$ *mm*. Weiss man zum Beispiel, dass das Deckglas, welches man gemessen hat (darüber später), 0·20 *mm*, also 20 Hunderttheile eines Millimeters dick ist, so dreht man am Correctionsringe so lange, bis das Zeichen (der „Index") von 1 an gezählt den zwanzigsten Theilstrich zeigt und betrachtet nun das Object. Diese vielfach empfohlene Art der Correction lässt uns aber dort im Stiche, wo nebst dem Deckglase noch eine Flüssigkeitsschicht von beträchtlicherer Dicke über dem zu betrachtenden Gegenstande liegt, da ja diese ähnlich dem Deckglase wirken muss und sonach das Object gewissermaassen von einem dickeren Deckglase bedeckt erscheint. Dieser Fall stellt sich sehr häufig ein, wenn dickere Objecte in einer Conservirungsflüssigkeit liegen, oder man eine tieferliegende Schichte eines dickeren durchsichtigen Objectes betrachtet etc. In solchem Falle muss man wohl schon während des Beobachtens selbst mit dem Correctionsring nachhelfen, was allerdings recht lästig und nicht immer leicht auszuführen ist.

§ 25. Im Wege des Principes der sogenannten Eintauchung, „Immersion", ist man heute so weit gekommen, die Deckglascorrectionsvorrichtung ziemlich entbehren zu können, doch werden Wasser-Immersionssysteme noch meist mit Correction versehen, warum, das werden wir bald einsehen.

Es ist bekannt, dass wenn Lichtstrahlen unter einem gewissen sehr schiefen Winkel auf einen durchsichtigen, lichtbrechenden Körper auffallen, sie nicht mehr durch den Körper hindurchgehen, sondern wie von einem Spiegel zurückgeworfen werden, was man die totale Reflexion nennt, zum Unterschied von der partiellen, welche auch da immer eintritt, wenn Lichtstrahlen durch Medien von verschiedener Brechung durchgehen, z. B. von Luft in Glas, von da wieder in Luft u. dergl. Die totale Reflexion für unsere Glassorten tritt bei einem Winkel von 41° 40′ ein, d. h. wenn ein Lichtstrahl unter diesem Winkel auf eine Glasfläche auffällt, so wird er nicht mehr durchgelassen, sondern vom Glase reflectirt; bei minder kleinen Winkeln wird nur ein Theil des Lichtes durchgelassen, ein anderer Theil reflectirt, bei einem Winkel von 180° endlich geht theoretisch alles Licht durch, obgleich dies in der Praxis nicht gilt, sondern auch hier noch Licht theils durch die Absorption, theils durch die sogenannte innere Reflexion verloren geht, und zwar desto mehr, je dicker das brechende Medium ist, da es eben keinen vollkommen durchsichtigen Körper gibt. Aus dieser Erwägung folgt, dass auch beim Durchgange von Strahlen vom Präparate durch das Deckglas zum Objective und von da zum Oculare durch die totale partielle und die innere Reflexion, ganz abgesehen von der Absorption in dem Linsensysteme selbst, Licht verloren geht, und zwar um desto mehr, je schiefer die Strahlen auffallen und je grösser der Unterschied zwischen den brechenden Medien ist, die das Licht passirt. Wenn das Licht aus dem Deckglase austritt (siehe oben Fig 19), wie bei *f* und *h* und *i* und *g*, so haben die Strahlen *fl* und *hm*, sowie *in* und *gs* schon eine ziemlich schiefe, gegen die Frontlinsenfläche des Objectivsystemes sehr geneigte Richtung, so dass viele derselben, namentlich die Randstrahlen, unter dem

Minimum von 41° 40' auffallen und daher ganz reflectirt werden, viele dagegen durch die partielle Reflexion verloren gehen, da zwischen der Frontlinse und dem Deckglase Luft ist, also ein Körper, der erheblich weniger lichtbrechend ist, als das Glas.[1])

Um diese Lichtverluste auszugleichen, hat man nun vorgeschlagen, zwischen Linse und Deckglasoberfläche Wasser zu bringen. Wasser hat denn doch einen Brechungscoefficienten von 1·336, wenn Glas einen solchen von ca. 1·596 hat, es ist also beim Durchgang ein viel geringerer Unterschied in der Brechungskraft von Glas und Wasser, als von Glas und Luft, es wird also dabei weniger Licht verloren gehen. Auch wird, da dann die aus dem Deckglas austretenden Strahlen wieder in ein fast ebenso stark lichtbrechendes Medium übergehen, der in Fig. 19 dargestellte Einfluss des Deckglases, resp. verschieden dicker Deckgläser gemildert; ich sage gemildert, da eben das Objectiv sammt dem eingeschalteten Wassertropfen dennoch immer für bestimmte Deckglasgrenzen berechnet und hergestellt werden muss, weiters weil denn doch zwischen Wasser und dem Glase der Frontlinse des Objectives einerseits und dem Glase der Frontlinse des Objectives und dem Glase des Deckglases andererseits eine Verschiedenheit im Brechnungsexponenten von circa 0·26 besteht.

Man hat daher die stärkeren Immersionssysteme stets mit Correction hergestellt, bis auf das schwächste, welches man meist mit oder ohne Correction haben kann. Ich selbst benützte lange Jahre hindurch ein derartiges Wasserimmersionssystem Nr. 10 ohne Correction von Carl Reichert in Wien, welches mir treffliche Dienste leistete.

§ **26.** Um jedoch die Correction auch bei stärkeren Systemen entbehrlich zu machen und auch noch aus anderen Gründen, hat man im Jahre 1878 zuerst in Deutschland nach dem Principe Stephenson's sogenannte homogene Immersionen hergestellt, d. h. Tauchsysteme, die nicht in destillirtes Wasser, sondern in eingedicktes Cedernholzöl, oder in eine Mischung von Ricinus- und Fenchelöl, in eine Mischung von Vaselin und Mandelöl, oder in eine Emulsion aus Chloralhydrat und Glycerin eintauchen. Die genannten Flüssigkeiten, von denen das Cedernholzöl das weitaus gebräuchlichste Medium ist, haben nämlich alle nahezu denselben Brechungsexponenten, wie das Crownglas der Frontlinse und des Deckgläschens, sodass eine optisch homogene Verbindung zwischen System und Präparat hergestellt wird, welche noch vollkommener wirkt als das Wasser der Wasserimmersion. Solche homogene Immersionen von Carl Reichert VIII. Bennogasse 26, F. Ebeling, XVII Gürtel Nr. 2 und Louis Merker VIII. Buchfeldgasse 19 in Wien habe ich selbst benützt und benütze sie noch und kann ich dieselben wärmstens für alle jene Fälle empfehlen, in welchen es sich um subtile Untersuchungen handelt. Nur muss man, wie auch bei Wasserimmersionen, die Systeme sehr rein halten, nie mehr als einen kleinen Tropfen zwischen Objectiv und Deckglas bringen und nach Gebrauch die Frontlinse sehr rein abwischen und schliesslich mit Xylol[2]) bei den Oelen, mit destillirtem Wasser und Spiritus bei der Chloralhydrat-Glycerinmischung sehr rasch abwaschen und gleich darauf gut abtrocknen. Wenn auch bei den Immersionssystemen die Frontlinse keine achromatische Linse, sondern eine einfache Crownglaslinse ist, so ist doch diese Frontlinse mitunter mit Canadabalsam in ihre Fassung eingekittet und Oele, auch fette Oele, greifen nach den Untersuchungen des Dr. Jolles, sobald nur ein geringer Rest davon in die Fassung dringt, die Verkittungen an. Merker in Wien zieht es daher vor, bei seinen Immersionssystemen bei der

[1]) 41° 40' ist der sogenannte Grenzwinkel zwischen Luft und Glas; er hindert auch bei den Trockensystemen die volle Ausnützung des Oeffnungswinkels und eine Erhöhung der numerischen Apertur, weil ein Strahlenkegel aus einem dichteren Medium nur dann vollständig in ein weniger dichtes Medium eintreten kann, wenn sein Oeffnungswinkel nicht grösser ist, als der Grenzwinkel.

[2]) Ein methylierter Kohlenwasserstoff; kann hier durch Benzin ersetzt werden.

[illegible] die [illegible] der sogen. [illegible] Verhältnisse und das [illegible] Vermögen der Mikroskop-Objective im Allgemeinen

Wie diese Vergrösserung bestimmt wird, können wir erst dann beschreiben, bis wir das Messen der Objecte unter dem Mikroskop abgehandelt haben werden; vorläufig müssen wir daran festhalten, dass die Vergrösserung eines Mikroskopes ein Factor der Gesammtleistung, aber kein Ausdruck, kein Maass für dieselbe ist.

Wir werden approximativ-vergleichbare Maasse für die optische Leistungsfähigkeit von Mikroskopen bei dem Abschnitte „Prüfung und Kauf eines Mikroskopes" kennen lernen; hier ist es unsere Aufgabe, die optisch-relevanten Verhältnisse der Mikroskope zu besprechen und das optische Vermögen zu zergliedern.

Diese optisch-relevanten Verhältnisse sind: die Brennweite der Objectivsysteme, der Oeffnungswinkel und die sogenannte numerische Apertur derselben, endlich, die bereits besprochene Vergrösserung, welch' letztere jedoch nicht für das Objectivsystem als solches (absolute Vergrösserung), sondern mit Bezug auf die verschiedenen Oculare, mit denen ein System bei einer bestimmten Tubuslänge combinirt wird, angegeben zu werden pflegt.[1])

Die Brennweite der Objectivsysteme wird meist in englischen Zollen oder in Millimetern, oft auch in beiden Maassen angeführt. Sie bedingt die Vergrösserung des Objectivsystemes an sich und beeinflusst den Focalabstand, d. h. den Abstand der Frontlinse vom Präparate, wenn dasselbe eingestellt ist, welcher Abstand behufs Ermöglichung der Durchforschung dickerer Präparate und bequemer Manipulation mit denselben, namentlich bei den mittleren Systemen nicht zu klein sein soll, weshalb die modernen Firmen darauf ihr Augenmerk richten, stark „focale" mittlere Linsensysteme zu verfertigen.

Bei den schwachen Systemen ist der Focalabstand ohnedies meist hinreichend gross, bei den starken kann er über ein gewisses Maximum hinaus nicht erweitert werden. Je kleiner die Brennweite eines Systemes, desto stärker die Vergrösserung. Die Brennweite gibt also ein Maass der Stärke der Systeme. Hat man ein System von $^1/_2$ engl. Zoll Brennweite vor sich, so weiss man, dass es ein schwaches sein wird; eines von $^1/_5$ Zoll z. B. ist ein mittelstarkes zu nennen, ein solches von $^1/_8$ Zoll kann man als starkes bezeichnen, während die allerstärksten Systeme $^1/_{20}$ ja $^1/_{30}$ Zoll Brennweite haben. Weiter geht man heutzutage nicht, da das optische Vermögen über diese Grenzen hinaus, ja eigentlich schon von $^1/_{15}$ Zoll Brennweite an, nicht in dem Maasse mit der Vergrösserung zunimmt, dass sich die technische Schwierigkeit, so starke Systeme herzustellen, lohnen würde, umsoweniger, als das Arbeiten mit so kurzen Brennweiten ein höchst unbequemes ist.

Deshalb bleiben auch die mittelstarken Systeme die eigentlichen Arbeits-Systeme, und man trachtet ihnen heute ein so grosses optisches Vermögen zu geben, dass sie, was die Leistungsfähigkeit anbelangt, die stärksten Systeme aus der Mitte unseres Jahrhunderts übertreffen. Dies liegt aber hauptsächlich an ihrem hohen Oeffnungswinkel, respective der sogenannten numerischen Apertur derselben, welche die „wirksame Oeffnung" eines Linsensystemes bedingt.

§ 28. Unter **Oeffnungswinkel** eines Objectivsystemes versteht man jenen Winkel, welcher entsteht, wenn man sich die von einem Punkte des beleuchteten Objectes, welches man durch das Objectiv beobachtet, ausgehenden Strahlen, welche die Begrenzung des ganzen Strahlenkegels, der von einem Punkte

[1]) Die absolute Vergrösserung nennt man auch „Objectivvergrösserung."

dés Objectes ausgeht, bilden, als Linien denkt und nun diese Linien bis zu den Rändern der Objectivöffnung verlängert. Es leuchtet ein, dass durch jede innere Abblendung der Oeffnungswinkel kleiner wird. (Vgl. § 14.) Die **numerische Apertur**, welche nach den Untersuchungen Dr. Abbe's den eigentlichen Maassstab für die Auflösungskraft der Systeme bildet, ist eine Function dieses Oeffnungswinkels, nämlich der Sinus des halben Oeffnungswinkels multiplicirt mit dem Brechungsindex des vor der Frontlinse liegenden Mediums (z. B. Luft, Wasser, Oel etc.). Diese Zahl hat nun eine doppelte Bedeutung: Erstens wird die sphärische Aberration desto grösser, je grösser der Oeffnungswinkel wird, da desto mehr Randstrahlen zur Wirkung kommen, zweitens werden aber innere Structurdetails im Präparate desto besser sichtbar, je schiefere Strahlen, von ihnen herkommend, noch durch die Linsencombination zum Auge gelangen können und dies ist eben in desto höherem Maasse der Fall, je grösser dieser Oeffnungswinkel ist. Während also einerseits die sphärische Abberration wächst und das Bild neblig wird, die äusseren Conturen verschwimmen, treten andererseits innere, sehr zarte Details hervor und das Bild erscheint heller, und lebhafter gefärbt. Dieses Vermögen, sehr zarte Details des Präparates[1]) deutlich zu zeigen, heisst man das sogenannte Abbildungs- oder Auflösungsvermögen der Objectivsysteme (fälschlich von den Engländern penetrating power oder durchdringendes Vermögen genannt, welches, wie Dr. Julius Wilh. Behrens neuerlich erörtert hat, eine separate, bei uns Tiefenwirkung genannte Componente des optischen Vermögens bildet und mit dem Auflösungsvermögen nicht zu-, sondern abnimmt); Auflösungsvermögen deshalb, weil es sehr nahe bei einanderliegende Punkte, Sechseckchen und dergleichen, die bei minder auflösungsmächtigen Systemen zusammenhängende Linien zu sein scheinen oder ganz unsichtbar bleiben, in ihre Elemente also: Punkte, Sechseckchen und dergleichen auflöst, ganz ähnlich, wie ein Fernrohr in einem mit freiem Auge als einziger Stern erscheinenden Himmelslicht eine Gruppe, bestehend aus zwei, ja drei Sternen erkennen lässt oder gar einen Nebelfleck in eine Heerde von Sternen zerlegt.

Es ist natürlich, dass man die Uebelstände, die die grosse Oeffnung nach sich zieht, nämlich das starke Hervortreten der sphärischen Aberration, durch technische Hilfsmittel zu corrigiren sucht, um dadurch ein scharf begrenztes, und farbenfreies Bild zu erhalten, ohne den Oeffnungswinkel zu verringern.

Mit anderen Worten: Man sucht das Auflösungsvermögen mit einem guten Begrenzungsvermögen zu vereinigen, was allerdings, wie aus dem bei Besprechung der sphärischen Aberration (§ 8) bereits Gesagten hervorgeht, wegen der Randstrahlen seine technischen Schwierigkeiten hat, weshalb man das Begrenzungsvermögen (defining power) dem Auflösungsvermögen geradezu entgegengestellt hat; in Wahrheit ist das eine wie das andere nur je eine Componente des optischen Vermögens überhaupt, zu der sich das sogenannte Tiefenwirkungs-Vermögen als dritte Componente hinzugesellt. Immerhin bleibt das Auflösungsvermögen die wichtigste Componente und bildet daher einen Hauptvorzug eines guten Instrumentes; die beiden anderen Vermögen sind gewissermassen nur etwas Negatives, nämlich der Ausdruck der Beseitigung der durch möglichste Hebung des Auflösungsvermögens mit sich gebrachten Fehler des betreffenden Systemes. Wir definiren das Begrenzungsvermögen als die Fähigkeit, ein scharfes, von Farbensäumen und Nebelschleiern freies Bild zu liefern welches wie gezeichnet aussehen, d. h. deutliche und doch feine Contouren haben soll. Dies erreicht man durch Verbesserung der chromatischen und sphärischen Aberration. Die Correctur

[1]) Insbesondere zarte Streifungen und Zeichnungen an der Oberfläche gewisser organischer Objecte. Note bei § 30 weiter unten.

der chromatischen Aberration haben wir zum Theile bereits besprochen (§ 10) und auch erklärt, wie sie in der Regel durch „achromatische“ Linsen zu erreichen gesucht wird (§ 20). Trotzdem nun die Linsen achromatische heissen, bleibt doch, da entweder die rothen oderdie violetten Strahlen auf die nämliche Brennweite gebracht, die Systeme also im ersteren Falle, wie der Terminus lautet, „unter-, im zweiten Falle übercorrigirt“ sind — die sogenannte secundäre Farbenabweichung, auch Secundär-Spectrum genannt, zurück und äussert sich bei schiefer Beleuchtung in einem eigenthümlichen gelblichen oder grünlichen Schimmer des Gesichtsfeldes, d. h. des lichten Kreises, den man im Mikroskope sieht, während bei centraler Beleuchtung die scharf eingestellten Objecte einen durch Aufhebung der complementären Farben hervorgerufenen grauweissen, eigenthümlich schimmernden Saum zeigen, der namentlich bei stärkeren Systemen und sehr zarten Objecten, z. B. Bacterien, deutlich hervortritt. Bei den apochromatischen Objectiven ist, wie bei Besprechung der apochromatischen Linsencombinationen (§ 21) erwähnt wurde, auch der gelbliche und grünliche Schimmer fast ganz beseitigt und der schimmernde Saum viel weisser als bei den Achromat-Objectiven. Doch gehen wir weiter. Das zweite dieser negativen Vermögen, das Tiefenwirkungsvermögen, ist das Vermögen eines Linsensystems, auch dickere Präparate zu durchdringen und den Zusammenhang der einzelnen Schichten scharf und deutlich zu zeigen. Es ist sozusagen ein wahrhaftes Durchdringungsvermögen und sollte mit dem Auflösungsvermögen nicht verwechselt werden, da es ebenso wie das Begrenzungsvermögen mit dem Oeffnungswinkel abnimmt, folglich sich nur schwer mit einem grossen Auflösungsvermögen verbinden lässt. Theoretisch betrachtet dürfte ein gutes Objectiv blos eine einzige Durchschnittsebene des betrachteten Objectes abbilden.

§ 29. Fassen wir also das Gesagte zusammen, so kommen wir zu dem Resultate: das optische Vermögen liegt eigentlich blos im Auflösungsvermögen; dieses wächst mit der wirksamen Oeffnung; mit dieser wachsen aber auch die Aberrationen und die Bildschärfe und Tiefenwirkung nimmt ab; ja sogar der Focalabstand wird in der Regel kleiner, je grösser der Oeffnungswinkel wird. Die Aufgabe der modernen Technik ist es also, bei grösstmöglichem Auflösungsvermögen die bestmögliche Correctur der Aberrationen zu bewirken. Das Resultat dieser Correctur äussert sich in Begrenzung und Tiefenwirkung. Wie diese Correctur zu Stande kommt, haben wir nur angedeutet; in der Praxis ist es die Sache der Kunstfertigkeit des Optikers; die Principien gibt freilich die Wissenschaft.

Es wurde durch die Wissenschaft festgestellt, dass das normale menschliche Auge trotz der bisherigen Fortschritte in der Mikroskop-Erzeugung relativ weit kleinere Körper noch wahrzunehmen vermag, wenn es dieselben mit unbewaffnetem Auge betrachtet, als mit Hilfe eines Mikroskopes.

So braucht (nach Harting) ein fadenförmiges Object, um vom blossen Auge wahrgenommen zu werden, blos einen Durchmesser von $^1/_{200}$ *mm* zu besitzen, während im Mikroskope dasselbe Object $^1/_{30}$ *mm* gross erscheinen muss, um wahrgenommen zu werden. Dies ist so zu verstehen: Ein fadenförmiges Object von $^1/_{15000}$ *mm* Durchmesser muss mit einem guten Mikroskope mindestens 1500mal vergrössert werden, um sichtbar zu werden, da es erst bei dieser Vergrösserung $^1/_{10}$ *mm* gross erscheint.

Seitdem Harting diese Untersuchungen pflog, sind allerdings die Mikroskope verbessert worden, indem man, wie bereits erwähnt, denselben ein hohes Auflösungsvermögen zu geben vermag, aber das von der Wissenschaft gesteckte Ziel, im Mikroskope ein Object, welches darin $^1/_{200}$ *mm* gross erscheint, also welches noch innerhalb der Grenze des Sehvermögens des menschlichen Auges liegt, wahrnehmbar zu machen, und so die Sehfähigkeit des menschlichen Auges voll auszunützen, ist nicht erreicht worden und wird

hauptsächlich deshalb nicht erreicht werden, weil mit der Vergrösserung die Lichtstärke des mikroskopischen Bildes in einem quadratischen Verhältnisse abnimmt; sieht also das normale Auge einen Gegenstand bei der Lichtstärke 1, so sieht es ihn zehnmal vergrössert blos in einer Lichtintensität von Einhundertstel u. s. w. Natürlich concentrirt der Spiegel des Mikroskopes das Licht derart, dass bei schwachen Vergrösserungen das Auge sogar geblendet wird, bei starken erweist sich aber das Gesichtsfeld, namentlich bei trübem Himmel, meist zu dunkel, um beispielsweise die Farben der Objecte deutlich erkennen zu lassen und hat man deshalb verschiedene Beleuchtungsapparate construirt (auf die wir weiter unten zurückkommen werden), um diesen Lichtverlust zu paralysiren. Bei voller Wirkung dieser Beleuchtungsapparate treten zwar die Farben der Objecte gut hervor, die Contouren aber verschwimmen und so kann der schon vom Objective herrührende Lichtverlust durch Beleuchtungsapparate nicht ersetzt werden. Dieser Lichtverlust ist übrigens desto geringer, je grösser die numersiche Apertur der Systeme ist. In dieser ist aber, wie wir gehört haben, nicht nur der Oeffnungswinkel, sondern auch der Brechungsindex der betreffenden Medien ein Factor. Je grösser also der Brechungsindex wird, desto grösser wird die numerische Apertur. Zeiss hat deshalb neuester Zeit äusserst vollkommene Objective construirt, welche, um eine noch grössere numerische Apertur zu erzielen, mit Frontlinsen statt aus Crownglas, aus Flintglas versehen sind, welches ja einen grösseren Brechungsindex als Crownglas hat und hat als Eintauchflüssigkeit für diese nach dem Principe der homogenen Immersion construirten Systeme eine dem Brechungsvermögen des Flintglases entsprechende Substanz, das Monobromnaphthalin, gewählt, worauf wir noch zurückkommen. (Unten § 31.)

Sehr hohe Aperturen sind, wie wir später sehen werden, hauptsächlich für den Diatomeenforscher, allenfalls auch den Bacteriologen, von Werth — für den Histologen und wohl auch für den Pharmaceuten genügen geringere Aperturen, zumal, wie Behrens, eine grosse Autorität auf dem Gebiete der Mikroskopie, hervorhebt, das Begrenzungsvermögen und die Tiefenwirkung bei Objectivsystemen für histologische Zwecke sehr wichtige Eigenschaften sind, welche sich nur auf Kosten des Focalabstandes — wie wir früher erwähnten — mit einem grossen Oeffnungswinkel vereinigen lassen, denn der Oeffnungswinkel wird unter sonst gleichen Umständen desto grösser, je näher der Brennpunkt an die Linse heranrückt, also je kleiner der Focalabstand wird; suchte man daher durch Zusammenstellen mehrerer Linsen unter zweckmässiger Abblendung der gar zu sehr die Begrenzung und Tiefenwirkung störenden Randstrahlen ein möglichst scharf definirendes System zusammenzustellen, so würde man, um eine verhältnissmässig hohe Apertur zu erzielen, das System mit einem kleineren Focalabstande herstellen müssen. Aus dem Gesagten leitet sich übrigens auch eine populäre Definition der numerischen Apertur her, welche besagt, dass die numerische Apertur schliesslich nichts Anderes ausdrückt, als das Verhältniss der lichten Oeffnung eines Systemes zu dessen Brennweite oder einen Bruch, dessen Zähler die lichte Oeffnung — ausgedrückt durch den Radius des austretenden Strahlenkegels in der Durchschnittsebene, die durch den Brennpunkt senkrecht auf die Achse des Linsensystemes gelegt gedacht wird — bildet, während die Brennweite in den Nenner kommt. Bei dieser Definition bleibt der Brechungsindex als Factor ganz aus dem Spiele, doch ist er implicite inbegriffen, da er den Zähler in positiver, den Nenner in negativer Hinsicht beeinflusst. Hier sei auch bemerkt, dass man die numerische Apertur kurz mit „*N. A.*“ bezeichnet.

§ 30. Nach diesen mehr allgemein gehaltenen Erörterungen wollen wir die Objective, auch Objectivsysteme, Linsensysteme oder Systeme schlechthin genannt, zu gruppiren versuchen.

Nach Dippel kann man fünf Grundformen von Linsensystemen (Objectiven) unterscheiden: 1. Schwache, 2. mittelstarke, 3. starke Trockensysteme und 4. Immersionssystme, 5. apochromatische Objective.

Wir wollen einige allgemeine Characteristica dieser 5 Typen kurz wiedergeben, ohne besondere Abweichungen von diesen Typen zu berücksichtigen.

1. Die schwachen Objectivsysteme, welche ein grosses Gesichtsfeld mit grossem Focalabstand vereinigen, dienen zur Betrachtung grösserer Gegenstände im Ganzen, z. B. eines ganzen Insectes, eines Embryo u. dgl. oder zur allgemeinen Orientirung in an und für sich subtileren Präparaten; auch zum Präpariren subtilerer Objecte werden sie manchmal benützt, insbesondere in Verbindung mit den später zu besprechenden bildumkehrenden Ocularen. Diese schwachen Objective besitzen eine Brennweite von 50 *mm* bis zu 15 *mm* herab. Die numerische Apertur übersteigt fast niemals 0·30.

Die Construction erfolgt mit Hilfe von achromatischen Linsen; für sehr lange Brennweiten wird eine achromatische Doppellinse benützt, für kürzere Brennweiten zwei Doppellinsen. Die Frontlinse, d. h. die dem zu betrachtenden Objecte zugekehrte „vorderste" Linse, pflegt auch hier die kleinere an Durchmesser und Brennweite, also die stärkere zu sein, und deren Aberrationsreste müssen von der zweiten, hinteren Linse ausgeglichen werden.

2. Die mittelstarken Trockensysteme, welche eine Brennweite von 16 bis herab zu 6 *mm* und einen Oeffnungswinkel bis 60°, also 0·50 numerische Apertur besitzen, bestehen aus drei Gliedern, und zwar entweder aus drei Doppellinsen oder aus einer dreifachen Frontlinse und je einer doppelten Mittel- und Hinterlinse.

Neuerer Zeit macht man solche mittelstarke Trockensysteme auch derart, dass man eine einfache Halbkugel (ebenso wie bei den starken Systemen) aus Crownglas mit der planen Seite nach aussen, als Frontlinse benützt und mit einer doppelten Mittel- und Hinterlinse combinirt. Diese Systeme werden bei allen histologischen Untersuchungen als die eigentlichen Arbeitssysteme benützt, da sie mit den schwächsten Ocularen circa 70—100mal, mit den stärkeren 150—300mal vergrössern und dabei ein ziemlich grosses Stück auch ausgedehnterer Objecte überblicken lassen und einen genügenden Abstand der Frontlinse vom Deckglase haben, um bequem arbeiten zu können. Zur genaueren Betrachtung sehr kleiner Objecte dienen für gewöhnlich die sogen. starken Trockensysteme.

3. Diese starken Trockensysteme haben meist Brennweiten unter 6 *mm*, grössere Oeffnungswinkel als solche von 60°, also höhere numerische Aperturen als 0·50. Sie bestehen aus einer halbkugeligen Frontlinse aus Crownglas und entweder noch zwei achromatischen Doppellinsen als Mittel- und Hinterglied (meist je eine biconvexe Crownglaslinse verkittet mit einer planconcaven Flintglaslinse) oder ausser der Frontlinse noch aus je einer aus den neuen Glassorten von Schott und Genossen in Jena zusammengesetzten dreifachen Mittel- und Hinterlinse. Die stärkeren dieser Systeme macht man gar viergliedrig, und zwar wird dann eine halbkugelige einfache Frontlinse mit drei Doppellinsen combinirt. Die zwei vorderen Glieder wirken zusammen und werden von den beiden Hintergliedern corrigirt. Diesen viergliedrigen Trockensystemen stärkster Vergrösserung (mit den schwächsten Ocularen circa 400—500mal) giebt man mitunter sogenannte Correctionsfassung (§ 24).

4. Die achromatischen Objectiv-Systeme für Wasserimmersion oder solche für sogen. Oelimmersion (§§ 25 und 26) sind meist viergliedrig, wie die starken Trockensysteme und macht man eben Immersionssysteme stets nur zum Gebrauche für starke und stärkste Vergrösserungen.

Schon die schwächsten Immersionssysteme pflegen blos $^1/_{12}$ englische Zoll, d. i. 1·8 *mm* äquivalente Brennweite aufzuweisen und mit den schwächsten Ocularen circa 500mal zu vergrössern.

Man macht hier die Frontlinse eigentlich doppelt (weshalb man diese Objective auch Objective mit „Duplexfront“ nennt), indem man als Vorderlinse und erste Mittellinse je eine halbkugelige Crownglaslinse, welche nahe aneinanderliegen, benützt und sie mit zwei achromatischen zweifachen oder dreifachen Linsencombinationen als drittes und viertes Glied combinirt. (Siehe Fig. 20.) Die zweifachen Linsen sind meist gewöhnliche, planconvexe aus je einer Biconvexlinse aus Crown- und einer planconcaven Flintglaslinse zusammengesetzte achromatische Linsen. Macht man diese Linsen jedoch anstatt zweifach, dreifach, so wendet man dazu die neuen Glassorten (Phosphat- und Silicatgläser) an und erhält einen beinahe apochromatischen Effect. (§ 21).

Solche Systeme hat Reichert „Semiapochromate“ genannt. Zeiss hat sich dagegen verwahrt und wollte diese Systeme (meist homogene Immersionen) blos als achromatische angesehen haben, obwohl gerade Zeiss zu seinen Apochromaten eigens zusammengeschmolzene Gläser (vgl. § 21) zu benützen pflegte, während Reichert zu den Apochromaten auch Flussspath verwendet.

Carl Reichert in Wien, welcher seit 1887 Apochromaten und die dazu gehörigen Compensations-Oculare verfertigt, ist zur Zeit die einzige Firma in Oesterreich, von der man wirkliche Apochromaten inländischer, eigener Erzeugung, und zwar sowohl Trockensysteme, als auch homogene Immersionen von vorzüglicher Qualität beziehen kann. Viele hervorragende Kenner haben diese Systeme als vorzüglich anerkannt.

Da die wirklichen Apochromaten sehr theuer und in der Behandlung wegen der, allerdings nicht mehr in dem Grade, wie bei den ersten Systemen dieser Art, sich zeigenden Empfindlichkeit gegen Verunreinigungen, Wärme und Feuchtigkeit sehr heikel sind, so benützen sehr viele Forscher und insbesondere die meisten Praktiker auch zu den subtilsten Untersuchungen solche Semiapochromaten, wie sie jetzt ausser Reichert auch noch Louis Merker und Fritz Ebeling (letzterer ohne die obige Bezeichnung)[1], als homogene Immersionen herstellen und deshalb wollen wir hier folgen lassen, was Reichert über seine „Semiapochromaten“ sagt:

„Die neuen Semiapochromat-Objective unterscheiden sich von den gewöhnlichen Apochromaten hauptsächlich dadurch, dass zu deren Herstellung kein Flussspath, sondern theils Phosphat-, theils Silicatgläser verwendet werden, die bedeutend bessere optische Eigenschaften besitzen, als diejenigen, welche zu den früheren achromatischen Objecten verwendet wurden.

Diese Objective sind betreffs der Auflösungsfähigkeit den Apochromaten vollkommen ebenbürtig. In der sphärischen Aberration ist kein Unterschied, nur in Bezug auf chromatische Vollendung findet ein, aber auch nur an den subtilesten Probe-Objecten,[2]) an bacteriologischen und histologischen Objecten nicht wahrnehmbarer Unterschied statt.

Dr. Nelson, der in der Sitzung der königl. mikroskopischen Gesellschaft in London über die Fortschritte der Mikroskope und Mikroskop-Objective Bericht erstattet, schreibt, nachdem er über die neuesten Leistungen der ersten englischen und deutschen Mikroskop-Fabrikanten berichtet hat, wie folgt:

[1]) Manche ausländische Optiker bezeichnen diese Objective als „Panachromaten“.

[2]) Damit sind die sogenannten Diatomeen gemeint, welche auf deutsch „Stückelalgen“ heissen. Nach [Pfla]nzensystem gehören sie zur I. Classe Tallophyta Familie der Algen, sind einzellige Organismen, [d]urch einen grossen Gehalt an Kieselerde ganz starr ist und an der Oberfläche feine Streifungen [z]eigt, welche bei einigen so subtil sind, dass nur ganz vorzügliche Objectivsysteme sie klar zeigen. Wir werden weiter unten wiederholt mit ihnen uns zu beschäftigen haben.

„Es erscheint nun ein neuer Concurrent, C. Reichert aus Wien, im Felde. Das vorliegende Exemplar ist eines der zu allererst (im Jahre 1886) zu uns gekommenen Objective dieses Erzeugers; es ist ein 1/7" mit 0.84 N. A., das sehr gut corrigirt und schön gearbeitet ist. Es kostete 2 Pf. Sterling, und wurde zu jener Zeit nichts bei uns erzeugt, was sich selbst bei dreifachem Preise auch nur im Entferntesten mit demselben vergleichen liesse.

Vergangene Woche sandte mir Herr Baker eine neue Reichert'sche Oel-Immersion 1/15" mit 1·25 N. A., zum Preise von 5 Pfund Sterling, welche sich nach vorgenommener Messung als ein mit 1/12" identisch und einer N. A. von 1·24 erwiesen hat.

Diese Linse ist die schönste Oel-Immersion, die ich, mit Ausnahme der apochromatischen, je gesehen habe. Die sphärische und chromatische Aberration ist wunderbar balancirt, wie bei Gebrauch des grossen Illuminationskegels, nämlich der vollen Apertur des Zeiss'schen achromatischen Condensors[1]) deutlich zu sehen ist. Ich kenne keine ähnliche Linse, die eine so strenge Probe vertragen würde. Das Object, dass ich gewählt habe, hat einen dicken Silex[2]) und ist deshalb besonders geeignet, jede Farben-Nuance zu demonstriren. Je dicker der Silex, desto stärker ist die Farbe (also ein ausgezeichnetes Mittel, die Dicke der Structuren von Diatomeen zu bestimmen). Die meisten Linsen zeigen dasselbe Object tief gefärbt. Mit einem anderen Object, wie z. B. die Navicula Rhomboides[3]) in Balsam, erscheint der Silex auf jeder Seite des Raphe nur sehr blass lila. Diese Linse zeigt auch die schwierige Probe der secundären Felder von Aulacodiscus Sturtii[4]), wunderbar. Eine solche Linse ist mit Recht geeignet, in der Mikroskopie medicinischer und wissenschaftlicher Schulen eine hervorragende Rolle zu spielen."

5. Die Apochromate. Wir haben bereits gehört, dass die achromatischen Objectivsysteme keineswegs ganz farbenfreie Bilder geben und dass auch die sphärische Aberration, namentlich bei stark auflösenden Systemen relativ grösserer Brennweiten, die Schärfe und Deutlichkeit der im Mikroskope gesehenen Bilder noch immer, insbesondere merklich am Rande, beeinträchtigt. Diese Fehler machen sich namentlich beim Photographiren durch das Mikroskop fühlbar und es war daher das Bestreben des Dr. Abbe in Jena, diese Fehler zu beseitigen.

Zur weitgehendsten Correction der sphärischen Formaberration ohne Beeinträchtigung der Oeffnung standen den Fachkreisen schon aus der Geschichte des Mikroskopes bekannte Mittel zu Gebote. Diese waren 1. die Ausgleichung (Compensation) der im Objective zurückbleibenden sphärischen Formaberration durch eine entgegengesetzte des Oculares, wie solche schon Plössl, Benecke und andere ältere Optiker versucht hatten; bei diesen bildete je ein (auseinanderschraubbares) System mit dem Oculare ein optisches Ganzes. Oberhäuser und nach ihm Hartnack verliessen diesen Weg wieder und fertigten einerseits möglichst vollkommene Oculare und andererseits möglichst aberrationsfreie Objective. Dr. Carl Zeiss in Jena hat nun mit dem berühmten Mikroskopiker Dr. Abbe sogenannte Compensationsoculare construirt, welche eine der absichtlich nach einer Richtung hin nicht ganz corrigirten Aberration der Apochromatobjective entgegengesetzte Aberration zeigen. Diese Abweichungen heben sich nun wie etwas Positives und Negatives auf. Näheres darüber werden wir bei Besprechung der Oculare hören. 2. Die Behebung der chromatischen Aberration durch Linsen, welche nicht aus zwei, sondern aus drei Linsenkörpern bestehen, wie dies schon der berühmte Physiker Carl August Steinheil in seiner in München 1852 gegründeten „Optisch-

[1]) Vgl. unten § 41.

[2]) Kieselpanzer einer Diatomee, welcher als Probeobject dient, um an ihm feine Zeichnungen, Punkte, Streifen aufzulösen und damit das optische Vermögen des Objectives zu prüfen. (Vgl. oben § 23.)

[3]) Eine Diatomee.

[4]) Eine Diatomee.

astronomischen Anstalt“ mit Erfolg versucht hat. Diese Art hat Dr. Carl Zeiss bei seinem schwächsten Apochromaten mit Erfolg in Anwendung gebracht, welcher nur aus einem Gliede, aber aus drei Linsen besteht, also ähnlich wie die „Dreifachlinse“, welche Fig. 17 zeigt, aussieht.

Ueberhaupt hat man durch eine Vielheit von entsprechenden Linsen es leichter in der Hand, deren Fehler gegenseitig aufzuheben und der durch diesen Vorgang theoretisch (durch die innere Reflexion und Dispersion) herbeigeführte Nachtheil wird durch die Concentration der sonst in eine Brennlinie oder gar Brennfläche sich auflösenden Strahlen in einem Brennpunkte weit aufgewogen. Solche Systeme nannte man „dialytische“ und sie waren seinerzeit sehr kostspielig und selten im Gebrauche, bei Construction der Apochromaten hat man aber auf dieses Princip zurückgegriffen und macht, während die stärksten achromatischen Systeme höchstens aus 4 Gliedern bestanden, die Apochromaten kürzerer Brennweiten mehrgliedrig, so dass manche derselben aus 10 einzelnen Linsen bestehen.

Alle diese erwähnten, aus der Geschichte des Mikroskopes hervorgeholten Verbesserungen der Achromatobjective, machen aber noch kein Objectiv zu einem Apochromaten. — Der Rest der nicht zu weissem Lichte vereinigten Strahlen bliebe noch immer ein bedeutender und machte sich sehr bemerkbar.

Es ist daher ganz und gar eine Errungenschaft der Neuzeit, die den vereinten Kräften tüchtiger Theoretiker und praktischer Optiker zu verdanken ist, wenn es gelang, das secundäre Spectrum ganz zu beseitigen und die Objective nahezu farbenfrei zu machen. Solche farbenfreie Objective nennt man zum Unterschiede von den Achromat-Objectiven **„Apochromat-Objective“.**

§ 31. Ich will es versuchen, dem Leser das Princip der Apochromasie (vgl. § 21 oben) hier noch ausführlicher darzulegen.

Schon bei Besprechung der Achromasie haben wir den Unterschied hervorgehoben, der in der Dispersion (Farbenzerstreuung) bei Crownglas und Flintglas hervortritt. Wir wollen dies nun ausführlicher erklären. Ein Flintglasprisma gibt mehr blaue und violette Strahlen, ein Prisma aus Crownglas dagegen mehr rothe Strahlen, was sich in dem Spectrum, an der Breite der Farbennuancen zeigt. Man geht dabei von der Regel aus, dass man das Spectrum nach den Frauenhoferischen Linien *B C D E F G H* in die sieben Regenbogenfarben theilt und die Brechbarkeit auf eine hier nicht näher zu erörternde Weise für die Farbe jeder dieser Linien bestimmt. Die dann durch Rechnung erhaltene Differenz zwischen dem Brechungsexponenten des Roth bei Linie *B* und des Violett bei Linie *H* geben ein annäherndes Maass der Grösse der Dispersion des benutzten Glases. Man hat nun gefunden, dass man durch chemische Beisätze in der Lage ist, Gläser zu erzeugen, deren Dispersionsdifferenz eine viel grössere ist, als bei dem gewöhnlichen bisher erzeugten Flint- und Crownglase, wodurch man eine vollkommenere Achromasie herbeizuführen im Stande ist, namentlich, wenn es eben gelingt, Gläser zu fertigen, die bei grosser Durchgängigkeit für weisses Licht dasselbe weniger in seine Farben zerstreuen. Solche Gläser wurden nun in der Fabrik für Glas zu wissenschaftlichen Zwecken der Herren Dr. Schott und Genossen in Jena nach vielfältigen Versuchen zu Stande gebracht und war man dadurch in die Lage gesetzt, apochromatische Systeme zu verfertigen.

Reichert in Wien hat, wie erwähnt, mit bestem Erfolge Apochromate mit Zuhilfenahme von Flussspath hergestellt.

Diese Apochromaten besitzen eine verschiedene numerische Apertur von 1·25 bis 1·40 und sind in sehr solider Weise ausgeführt, eben deshalb aber auch relativ kostspielig; ob und für welche Zwecke sich die Andieser kostspieligen Objective empfiehlt, welche eben

wegen der Schwierigkeit, mit der die Beschaffung reinen Flussspathes verbunden ist, sehr theuer sind, darauf werden wir bei Besprechung der Prüfung und des Kaufes von Mikroskopen zurückkommen. Ich theile aber auch mit, dass ich durch die Güte des in den Fachkreisen weltbekannten leider zu früh verstorbenen Diatomeen-Forschers Amrhein in Wien, den ich stolz meinen Schüler nennen kann, Gelegenheit hatte, mit einem Apochromaten von Zeiss von der exceptionellen Apertur von 1·43 zu arbeiten und entzückt war von den Bildern dieser Linsen-Combination, dass aber ich keinen Grund zu zweifeln habe, dass die Apochromaten des Herrn Carl Reichert, welche erst auf dem letzten medicinischen Congresse in Wien ausgestellt waren, den ausländischen in keiner Beziehung nachstehen.

Die bei weitem grösste Anzahl der in wissenschaftlichen Instituten der ganzen Welt im Gebrauche stehenden Apochromaten rührt jedoch von Dr. Carl Zeiss in Jena her, von jenem Manne, dem ja das unbestreitbare Verdienst gebührt, Dr. Abbe's theoretische Berechnungen und Erwägungen in die Wirklichkeit umgesetzt zu haben. Wir wollen daher ein solches System von Zeiss betrachten.

Wie oben erwähnt, macht Zeiss seinen schwächsten Apochromaten aus einem einzigen Gliede, einer dreifachen Linse nach Art der Steinheil'schen Aplanatlupe. Die starken und stärksten sind jedoch gar fünfgliedrig und werden als homogene Immersionen benützt. Sie bestehen aus einer Frontlinse (nicht-achromatische Halbkugellinse), auf welche dann eine achromatische planconvexe Linse folgt. Auf diese folgt eine schwach gewölbte nicht-achromatische planconvexe Linse, sohin folgen zwei dreifache apochromatische Linsen, und zwar ist die mittlere aus einer biconvexen und zwei concavconvexen und die hinterste aus einer biconcaven und je zwei biconvexen Linsengläsern zusammengesetzt. Ein solches System kann nach der Theorie bis zu einer numerischen Apertur von 1·60 und darüber gebracht werden, besonders wenn als Immersionsflüssigkeit anstatt Cedernholzöl oder dgl. Monobromnaphthalin und andere derartige Flüssigkeiten von sehr hohem Brechungsindex (z. B. Jodmethyl mit 1·74 Brechungsindex) benützt werden. (Vgl. § 29.) Allerdings muss dann auch das Präparat in einer Flüssigkeit von noch höherem Brechungsindex eingebettet liegen und das Deckglas, der Objectträger, sowie der Condensor[1]) aus schwerem Flintglase sein, um die Homogenität der von den Lichtstrahlen durchdrungenen Medien — wenigstens annähernd — herbeizuführen und die hohe Apertur voll auszunützen und haben daher solche Objective nur für die allersubtilsten und umständlichsten Untersuchungen organischer Objecte, insbesondere der Zeichnung von Diatomeen[2]), einen Werth. Die meisten starken apochromatischen Objective werden jedoch als homogene Immersionen mit 1·40 num. Apertur hergestellt und werden dann mit Cedernholzöl benützt. Eine Immersion (Apochromat) für Monobromnaphthalin hat Zeiss thatsächlich im Jahre 1888 mehr des Versuches halber, als zum practischen Gebrauche hergestellt. Natürlich gibt es auch apochromatische Trockenobjective. Diese Apochromaten sind, wie erwähnt, alle sehr kostbar und gegen Einflüsse von Chemikalien sehr empfindlich, da dann die Boratgläser oder der Flussspath sich trüben. Man bedarf ihrer wohl nur zu den subtilsten Detailuntersuchungen und in der Mikrophotographie, obwohl sich bei der letzteren der Nachtheil einer Krümmung der Bildfläche (vgl. § 9), den die Apochromaten in Folge ihres hohen Focalabstandes und der grossen Apertur aufweisen[3]), dadurch fühlbar macht, dass auf der Photographie stets nur ein Theil des Gesichtsfeldes scharf abgebildet wird.

---

[1]) Beleuchtungslinse als Mittel, welches das Licht des Spiegels (vgl. § 2 Fig. 5) zu verstärken bestimmt ist, worüber weiter unten gesprochen werden wird.

[2]) Vgl. Fussnote bei § 30.

[3]) Dr. A. Zimmermann: „Das Mikroskop". Leipzig und Wien, bei Franz Deuticke 1895. Seite 67.

Im Uebrigen sind, wie oben dargelegt, die Apochromaten besonders im Zusammenhang mit den Compensationsocularen ein Triumph der Wissenschaft und Technik.

Die Oculare.

§ 32. Weniger wichtig als die Objective sind für die Leistung der Mikroskope die Oculare, immerhin aber sind sie ein Factor des optischen Vermögens und beeinflussen, wenn auch nicht die Apertur, so doch die Gesammtvergrösserung, Lichtstärke und bei den Apochromatobjectiven auch die Gesammtcorrectheit des Bildes.

Die Linsen *o* und *c* in Fig. 12 (§ 13) bilden zusammen, wie schon oben erwähnt ein sogenanntes Huyghens'sches oder Campani'sches Ocular. Sie sind zusammen in ein Rohr gefasst, welches bei *oc* (§ 2, Fig. 5) in den Tubus des Mikroskopstatives eingeschoben wird. Zwischen beiden Linsen, Ocularglas und Collectiv wird eine Blendung, d. h. eine geschwärzte Scheibe mit einer centrischen kleineren runden Oeffnung, als die Collectivlinse hat — angebracht. Die Wirkung dieser Blendung ergibt sich aus § 8, sie wird aber auch dazu verwendet, um, wie wir später sehen werden, kleine scheibenförmige Nebenapparate, z. B. auf Glas geritzte, feine Maassstäbe („Glasmikrometer", welche wir weiter unten näher besprechen werden), Ringe mit Fadenkreuzen oder Glasscheiben mit eingeritzten Kreuzen, welche das Fadenkreuz ersetzen, daraufzulegen und so in den Gang der vom Objecte zum Auge kommenden Strahlen zu bringen, wodurch man sie im Gesichtsfelde gleichzeitig mit dem betrachteten Objecte, gewissermassen in die Objectebene projicirt und durch die Ocularlinse etwas vergrössert sieht.

Alle anderen Oculare sind ähnlich construirt. Optische Verschiedenheiten lassen uns jedoch 1. das Huyghens'sche Ocular (wie beschrieben und in Fig. 12 abgebildet), 2. das Ramsden'sche Ocular und 3. das Compensationsocular von Dr. Abbe und Zeiss unterscheiden; andere Arten sind: das orthoskopische, (achromatische) und das holosterische, ferner spricht man von Sucher- und von Arbeitsocularen und benennt schliesslich Oculare nach dem besonderen Zwecke, dem sie dienen sollen, als Messoculare (Goniometer- und Mikrometeroculare), Spectral- und Polarisationsoculare u. dgl., je nachdem mit dem Oculare Vorrichtungen zum Messen oder zur Polarisation oder endlich zu spectroskopischen Untersuchungen verbunden sind. An dieser Stelle haben wir aber blos das Ocular als optischen Factor zu besprechen also blos die Eintheilung in Huyghens'sche, Ramsden-sche Compensationsoculare und etwa noch die Bedeutung der Ausdrücke orthoskopisches und holosterisches Ocular zu erklären. Die sogenannten pancratischen oder bildumkehrenden Oculare werden wir als Nebenapparate später an passender Stelle besprechen, ebenso die Mess-, Polarisations- und Spectraloculare.

Alle Oculare theilt man in optischer Hinsicht ein in 2 Hauptgruppen: Positive und negative Oculare. Das Huyghens'sche Ocular ist ein negatives, das Ramsden'sche ein positives.

Bei den positiven Ocularen wirken beide Linsen zusammen vergrössernd, ähnlich wie eine aus zwei einzelnen Linsen bestehende Lupe, und das dem Objectiv zugekehrte Glas wirkt nicht als Collectiv (§ 12). Das reelle Bild entsteht hier nicht zwischen den 2 Linsen des Oculars, wie oben in Fig. 12 dargestellt erscheint, sondern es fällt dicht vor die untere Ocularlinse. Positive Oculare wirken demnach einfach als Lupe (Ramsden-sches Ocular). Die negativen Oculare (Campani, Huyghens) hingegen lassen

das Bild hinter der Collectivlinse entstehen und es wird also von der Collectivlinse durch Convergenzerhöhung etwas verkleinert, (§ 12) und erst von der oberen, der eigentlichen Ocularlinse vergrössert. Die Erklärung wurde bereits oben, im vorcitirten Paragraph gegeben und bleibt hier nur zu bemerken übrig, dass Dr. Abbe in Jena eine geistreiche Theorie der Wirkung eines mit negativem Ocular versehenen Mikroskopes aufgestellt hat, welche diese Wirkung als Gesammteffect in eine untere Lupen- und obere Fernrohrwirkung zerlegt, eine Theorie, auf welche näher einzugehen uns der vorwiegend technische Zweck dieses Büchleins nicht gestattet.

Wir gehen nun zur Beschreibung des Ramsden'schen Oculares über. Dasselbe besteht aus zwei mit ihren Erhabenheiten einander zugekehrten nicht-achromatischen planconvexen Linsen, welche ziemlich nahe beieinander stehen. Das Ocular nach Ramsden ist ein positives. Beide Linsen haben fast gleiche Brennweite, die untere Linse eine etwas kleinere [1]). Die Wirkung des Campani'schen Oculars (richtiger Huyghens'sches Ocular genannt), wurde in optischer Hinsicht im § 12 ausführlich erörtert, so dass hier nur zu erwähnen übrig bleibt, dass ebenso wie bei den achromatischen Objectivsystemen auch bei den an sich aus nicht achromatischen Linsen zusammengesetzten Ocularen nach Huyghens die Correction (§ 12) derart durchgeführt sein kann, dass ein Rest von Roth („untercorrigirt") oder ein Rest von Violett („übercorrigirt") zurückbleibt. Denkt man sich nun das Objectiv über-, das Ocular untercorrigirt (oder umgekehrt), so wird man einsehen, dass die Compensation zum mindesten in Betreff der Ungleichheit der Vergrösserung für verschiedene Spectralfarben (§ 11, 1 *b)* „chromatische Differenz der Vergrösserung") erfolgt, wie wir schon im § 12 angedeutet haben. Dr. Abbe hat nun auf Grund seiner Berechnungen versucht, die seinen apochromatischen Objectiven anhaftenden letzten Reste von Unvollkommenheit, welche den starken Objectiven überhaupt zukommt, nämlich die sogenannte chromatische Differenz der Vergrösserung, auf einem principiell nicht neuen Wege, nämlich jenem der Compensation, zu beseitigen, weshalb jene neuen Oculare Compensationsoculare genannt werden. Da sie mit den zugehörigen Apochromaten in enger Wechselwirkung stehen, werden sie auch apochromatische Oculare genannt. Zeiss fertigt nach Angabe Dr. Abbe's 6 verschiedene Compensationsoculare, welche theils positive, theils negative Oculare sind, also theils den Huyghens'schen, theils den Ramsden'schen ähneln. Die 3 schwächeren haben eine achromatische Ocularlinse und entsprechen mehr dem Huyghens'schen Oculare, die 3 stärkeren ähneln mehr dem Ramsden'schen Typus, bestehen aus einem apochromatischen, aus 3 Linsen zusammengesetzten Collectiv (wenn man bei positiven Ocularen davon sprechen kann) und einer nichtachromatischen, sehr nahe an das Collectiv gerückten mit der planen Seite dem Auge zugekehrten planconvexen Ocularlinse. Die Blendung liegt bei diesen 3 starken Apochromat-Ocularen ausserhalb resp. unterhalb des Collectivs. Bei dem schwächsten Compensationsoculare ist noch ausserdem eine Blende über dem Ocularglase angebracht, weil der Brennpunkt der Ocularlinse und damit auch derjenige Punkt, an welchen das Auge des Beschauers zu kommen hat (Augenpunkt), soweit von der sehr schwachen und daher mit langer Brennweite versehenen Ocularlinse entfernt ist, dass die erwähnte Blende nothwendig erscheint, um dem Auge des Beobachters die günstigste Lage anzuweisen, von welcher aus das ganze Gesichtsfeld deutlich gesehen werden kann. Diese schwachen Oculare dienen hauptsächlich zum Durchmustern der

[1]) Die Blendung kommt hier unter die Collectivlinse. Man nennt auch beim Ramsden'schen Oculare die untere Linse Collectivlinse, obgleich sie streng genommen nicht als solche wirkt, sondern die Vergrösserung der Ocularlinse noch erhöht. Theoretisch sollte auch hier die Entfernung beider Linsen gleich sein der halben Summe ihrer übrigens fast gleichen Brennweiten. In diesem Falle würde aber der vordere Brennpunct des Systems, d. h. der beiden Linsen zusammen, in die Collectivlinse fallen, was zum Anbringen von Mikrometermaassstäben etc. (davon weiter unten) sehr unbequem wäre, weshalb man in der Praxis den Abstand kleiner als die halbe Summe der Brennweiten und die Brennweite des Collectiv grösser als jene der Ocularlinse nimmt.

Präparate, da sie ein grosses Gesichtsfeld haben und heissen, weil sie das Aufsuchen kleiner Objectstellen erleichtern, Sucheroculare. Die zur eigentlichen genauen Untersuchung geeigneten, stärker vergrössernden Oculare nennt man Arbeitsoculare.

Wie Dr. Otto Zacharias, ein berühmter Mikroskopiker auf dem Gebiete der Zoologie, im XVI. Bande (S. 30 des Jahrganges 1896) des Biologischen Centralblattes mittheilt, hat das neueste, mit einer sogenannten Irisblende (eine Blende, die aus feinen Metallblättern besteht und sich durch Fingerdruck nach Art eines Katzenauges continuirlich erweitern, resp. verengern lässt, welche wir weiter unten bei den sogenannten Beleuchtungsapparaten nochmals besprechen werden) versehene Sucherocular Dr. Zeiss' in Jena, ein 2·25mal grösseres Gesichtsfeld, als gewöhnliche Huyghens'sche Oculare gleicher Vergrösserung. Die Compensationsoculare gestatten auch einen sehr grossen Wechsel der Vergrösserung und auch sehr hohe Vergrösserungen; besonders dürfen die stärksten Compensationsoculare auch mit schwachen apochromatischen Systemen verwendet werden, während die schwächeren und mittleren auch mit nichtapochromatischen starken Systemen, welche übercorrigirt sind, schöne Bilder geben. Deshalb fertigt Merker in Wien zu seinen nach Art der Semi-Apochromaten construirten starken homogenen Immersionen Compensationsoculare an. C. Reichert in Wien, welcher, wie erwähnt, auch wirkliche Apochromatobjective verfertigt, hat ebenfalls 6 Nummern Compensationsoculare, welche die Bezeichnungen 2, 4, 6, 8, 12 und 18 tragen in seinem Preiscourante 1897 verzeichnet. Früher fertigte er auch ein noch schwächeres Compensationsocular Nr. 1, und bezeichnete die Ocularnummern 1 und 2 als „Sucheroculare", die Nummern 3—18 als Arbeitsoculare (vgl. weiter oben in diesem Paragraphe die bezügliche Definition). Die sogenannten Projectionsoculare, welche auch mit besonderen schwachen Apochromatobjectiven, den sogenannten Projectionsobjectiven, zusammen die beste Wirkung geben, wo es sich um Mikrophotographie oder überhaupt Entwerfung (Projection) eines reellen Bildes des Objectes auf eine Fläche handelt, haben in der Regel ein nichtachromatisches Collectivglas, an Stelle des Ocularglases dagegen befindet sich ein verschiebbares, ganz schwaches, die secundäre Farbenabweichung (secundäres Spectrum vide § 10) möglichst beseitigendes und auch sonst gut auscorrigirtes Objectivsystem. Die practische Anwendung dieser Oculare werden wir erst weiter unten, bei Besprechung der Mikrophotographie erörtern.

Man hat auch zur gewöhnlichen Beobachtung mit achromatischen Objectiven achromatische Oculare construirt, insbesondere die stärkeren Nummern hat man unter dem Titel: Orthoskopische, periskopische, aplanatische Oculare aus achromatischem Collectiv- und Ocularglas construirt, doch wirken die gewönlichen Huyghens'schen Oculare fast ebenso gut, wenn nicht besser, wie sich ja aus § 12 dieses Buches ergibt, als jene achromatischen. Sehr starke Oculare für gewöhnliche Objective pflegen manche Optiker (so z. B. Ebeling in Wien) als Vollglasoculare („Holosteric") herzustellen, indem sie einen etwa wie Fig 15 c geformten Glaskörper in Ocularform fassen. Ein solches Ocular ist wegen der Homogenität des Mediums (Glas) lichtstärker als die starken Nummern Huyghens'scher Oculare, weil bei letzteren durch den wiederholten Uebergang der Strahlen von Glas in Luft und umgekehrt, Lichtverluste durch Reflexionen eintreten.

Der mechanische Theil.

§ 33. Wir sollten nunmehr die eigentlich auch zum optischen Theil gehörigen besonderen Beleuchtungsapparate[1]) behandeln; aus practischen Gründen jedoch wollen wir vorher über die verschiedenen Arten der Stative sprechen.

Die Stative mit den sogenannten „Bequemlichkeitseinrichtungen“ bilden den mechanischen Theil des Mikroskopes und die Beleuchtungsapparate sind in Grösse und Form vom mechanischen Theile derart abhängig, dass deren Beschreibung erst nach Kenntniss desselben leicht verständlich wird.

Objective und Oculare dagegen werden in der Regel derart adjustirt, dass sie an jedem der im Handel vorkommenden Stative solcher Firmen, welche für wissenschaftliche Zwecke geeignete Mikroskope herstellen, verwendet werden können. (Vgl. § 22.)

Objective und Oculare machen auch die Hauptsache bei einem Mikroskope aus, denn sind sie von minderer Güte, so kann man auch mit dem bestausgestatteten Stative keine verlässlichen Forschungen machen; sind sie dagegen von vorzüglicher Qualität, so werden sie auch, an einem kleinen und billigen Stative verwendet, gute Resultate erzielen lassen, wofern das Stativ im Uebrigen tadellos gearbeitet ist.

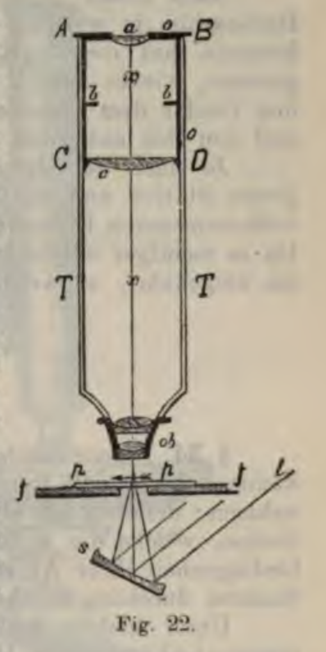


Fig. 22.

Bevor wir auf die Stative näher eingehen, wollen wir uns über die Verbindung des optischen mit dem mechanischen Theile in der einfachsten Form orientiren.

In Figur 22 sehen wir halbschematisch den Durchschnitt (Längsschnitt in der optischen Achse) eines Mikroskopes aufgezeichnet. *T* ist das innen geschwärzte Rohr („Tubus“, vgl. § 2, Fig 5), *x* die optische Achse (eine ideelle Linie, vgl. oben Einleitung, Fig. 1).

Oben ist das Ocular *A B C D* derart in den Tubus eingeschoben, dass die optische Achse beider Linsen mit der Achse des Tubus zusammenfällt. Unten ist bei *ob* das Objectiv an den Tubus angeschraubt. (In unserer Figur ist das Ocular ein Huyghens'sches, *a* ist die Ocular-, *c* die Collectivlinse, *b* ist die Blendung des Oculars; das Objectiv ist ein schwaches, aus zwei achromatischen Doppellinsen zusammengesetztes.) Auch das Objectiv muss derart zusammengeschraubt sein, dass dessen optische Achse resp. die optische Achse beider Linsen mit der optischen Achse des Tubus zusammenfällt. Diese Verbindung der optischen Theile untereinander und mit dem Stative, so dass die optischen Achsen alle in eine Linie fallen, wird von einem guten Instrumente gefordert. Man nennt ein Instrument, bei welchem dies der Fall ist, „gut centrirt.“ *t* ist der Objecttisch, welcher in der Mitte eine Oeffnung hat („Tischöffnung“ genannt), durch welche das zu betrachtende, auf einem Glasstreifen, den man „Objectträger“ nennt, befestigte Object (in der Figur durch einen Pfeil angedeutet) liegt. Das Object in seiner Verbindung mit dem Objectträger und dem „Deckglase“ (vgl. oben § 23), also das mikroskopische Präparat *p p* liegt derart auf dem Tische, dass es über die Tischöffnung zu liegen kommt, denn man hat es meist mit sehr kleinen und deshalb durchscheinenden Objecten zu thun, welche von unten beleuchtet oder besser gesagt „durchleuchtet“ werden müssen, um auch ihren inneren Bau genauer durchmustern zu können. Zu dieser Beleuchtung von unten dient zunächst ein auf einer Seite hohler, auf der anderen Seite planer Spiegel. Der Strahlen-

[1]) Der allgemeine Beleuchtungsapparat, bestehend aus Spiegel und Blendvorrichtung, wird schon in diesem Paragraph an der Hand der Figur 22 besprochen.

[illegible]

Die kleinen Stative.

[illegible] welches [illegible] hauptsächlich [illegible] und für [illegible] bedürfen [illegible] der Stand- [illegible] Hülsen aus steigt [illegible] befestigt ist. [illegible] eingeschraubt die [illegible] groben Einstellung der Tubus *tu*, welcher [illegible] oben bei *o* das Ocular und unten bei *o* das [illegible] sich auf und abschieben lässt. Diese Vorrichtung [illegible] groben Einstellung (vgl. § 4 dieses Buches). Als „[illegible] Einstellvorrichtung“ dient hier die Tischplatte, auf der das Object zu liegen kommt. Hier heisst es auch: „Kommt der Berg nicht zu Mohammed, so kommt Mohammed zum Berge.“ Kann, da eine solche Vor-

richtung etwas theuerer kommt und die kleinsten Stative möglichst billig sein müssen) die theuere Bewegung des Tubus mit Objectiven und Ocularen gegen das Object hin, resp. vom Objecte hinweg nicht eingerichtet werden, so musste das Object auf andere Art dem Tubus genähert und entfernt werden. Dieses hebt und senkt sich mit der Tischplatte. Auf der Tischplatte *ti*, welche 80 *mm* lang und 60 *mm* breit ist, ist nämlich am Rande links eine elastische Metallplatte *g* mit 2 Schrauben einseitig fest angeschraubt, während ihr rechter Rand federt. Gegen diesen drückt nun die Mikrometerschraube *m*. Man wird einsehen, dass sich, wenn man an *m* dreht, die federnde Metallplatte hebt oder senkt, wodurch ein auf derselben liegendes Präparat dem Objectivsysteme *o* etwas genähert beziehungsweise entfernt wird.

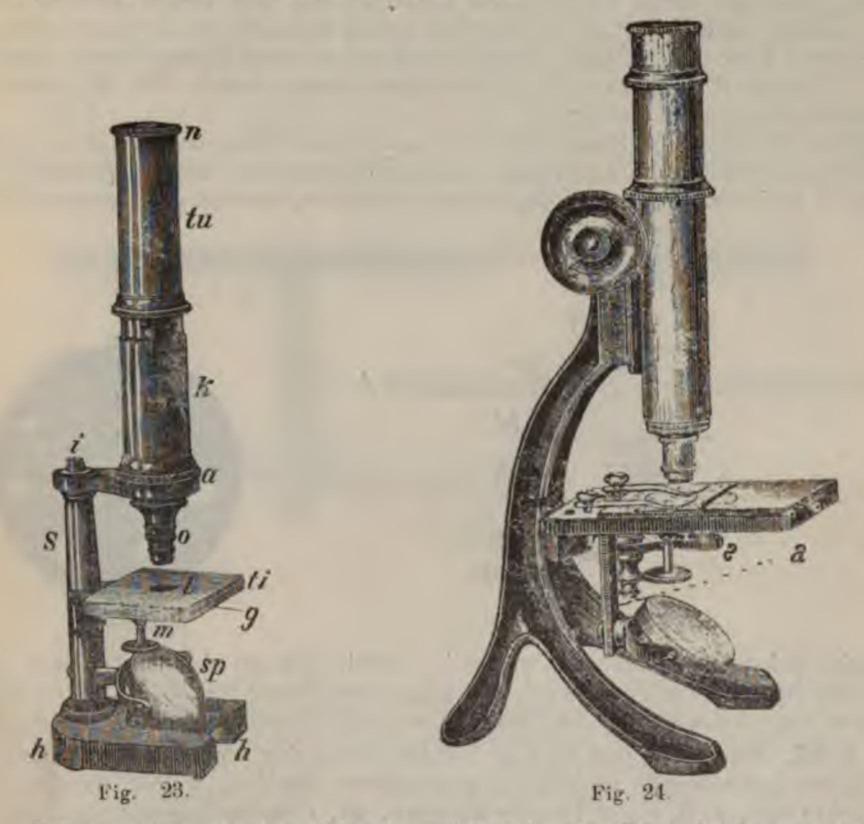


Fig. 23. Fig. 24.

Bei *sp* sehen wir den Spiegel, welcher in einer Gabel hängt und daher eine Verstellung um seine horizontale und verticale Achse, jedoch keine seitliche Verstellung, wie solche zu der später zu besprechenden schiefen Beleuchtung nöthig ist, gestattet.

Die Blendvorrichtung besteht aus Blendscheiben mit Oeffnungen, welche in die Tischplatte eingelegt werden. Der Tubus *tu* besteht hier nur aus einer Röhre, welche nicht mit einem Auszuge das heisst einer zweiten in ihr verschiebbaren Röhre, die das Ocular trägt, versehen ist. Auf den Vortheil, (vgl. § 22) den ein solcher Auszug bietet, werden wir erst später zurückkommen, müssen aber diesen Mangel erwähnen und bemerken, dass man kurz sagt: „Stativ mit Tubus ohne Auszug" im Gegensatz zu „Stativ mit ausziehbarem Tubus", was ja nicht mit der besprochenen groben Einstellung durch Tubusschiebung verwechselt werden wolle.

An der Fig. 23 haben wir das Beispiel für ein kleines, einfach construirtes Stativ gegeben, welches sich für technische Untersuchungen eignet,

sofern sie einer 400maligen Vergrösserung als stärkster bedürfen. Damit der Leser, falls ihm in der Praxis ein solches unterkommt, dessen charakteristische Merkmale schnell herausfinden könne, fassen wir sie hier kurz zusammen: „Stativ aus Gusseisen, Tubus ohne Auszug, grobe Einstellung durch Tubusschiebung, feine durch Mikrometerschraube am Tische (durch Heben und Senken desselben), Spiegel concav, nicht seitlich verstellbar."

Eines jener Mikroskope, welche gestatten, nicht blos durch Schiebung mit der Hand, sondern durch eine feinere mechanische Vorrichtung den Tubus mit dem optischen Theile dem Präparate zu nähern oder zu entfernen, haben wir in Fig. 5. der diesem Leitfaden beigedruckten Abbildungen bereits kennen gelernt; wir erwähnen es hier nun nochmals mit dem Bemerken, dass ein guter „Zahn und Trieb" nicht blos als grobe Einstellung, sondern auch als hinreichend feine bis zu einer Vergrösserung von circa 350mal linear benützt werden kann; für stärkere Vergrösserungen muss jedoch eine Mikrometerschraube angewendet werden.

Fig. 24 zeigt ein Stativ, welches sowohl mit Zahn und Trieb als auch mit Mikrometerschraube am Tische versehen ist; es ist eine Combination des in Fig. 5 und des in Fig. 23 abgebildeten Statives, welche auch eine seitliche



Fig. 25 — Fig 26.

(schiefe) Beleuchtung zulässt, wie selbe durch den am Arme *a* seitlich verstellbaren Spiegel ermöglicht wird. Die Blendvorrichtung bei diesem Instrumente ist aber eine etwas andere und müssen wir auf dieselbe näher eingehen.

§ 35. Sehen wir uns in Fig. 25 den Gang der von dem Concavspiegel auf das zu beleuchtende Object *p p* geworfenen Strahlen, welche parallel von der Lichtquelle, z. B. einem Fenster kommen, an, so bemerken wir, dass sie bei regulärem Stand des Spiegels über dem Objecte *o* sich kreuzen, indem sie durch das Präparat *pr* und das durchscheinende Object *o* hindurchgehen. Das Object wird in diesem Falle mit dem System *sy* betrachtet und erscheint im Mikroskope vergrössert und sehr stark erleuchtet, da der volle Strahlenkegel, s_1 s_2 s_3 s_4 das Object trifft. Würde nun bei *l* eine Blende von dem halben Durchmesser der Tischöffnung *l* eingeschaltet, so wäre der Effect der, dass nicht mehr alle Strahlen s_1—s_4, sondern weniger, z. B. blos s_2 und s_3, zum Präparate gelangen könnten, so dass dasselbe nur halb so stark erleuchtet werden würde, wodurch gewisse Contouren schärfer werden und manche Details besser hervortreten. Wir haben hier angenommen, dass die Blende unmittelbar unter dem Präparate liegt.

Denken wir uns aber die Blende tiefer unter dem Präparate angebracht, so wie in Fig. 25 die Blende *bl*, so würden noch viel weniger Strahlen zum Objecte *o* gelangen. Daraus folgt: Je tiefer man eine bestimmte Blende (vom Objecte aus gegen den Spiegel zu gerechnet) senkt, desto

weniger Lichtstrahlen gelangen zum Objecte und man hat es so mit einer einzigen Blende in der Gewalt, dem Objecte mehr oder weniger Strahlen zuzuführen. Mit mehreren Blendscheiben verschiedener Lochgrössen kann man also noch mehr Abstufungen in der Lichtstärke erreichen, was für die Wahrnehmung gewisser zarter Structurverhältnisse an Präparaten sehr fördernd ist, abgesehen davon, dass man es ja nicht immer mit gleich starken Lichtquellen zu thun hat.

Deshalb hat man heutzutage bei allen besseren Stativen, auch bei den kleineren besserer Qualität, Einrichtungen getroffen, um die Blenden während der Beobachtung zu heben und zu senken, resp. dem Präparate zu nähern und von demselben zu entfernen. Früher versah man blos die besseren mittleren und die grossen Instrumente mit ähnlichen Blenden, welche man „Cylinderblenden" nannte, weil der Blendträger aus einem verschiebbaren, in einem geschlitzten Rohre gleitenden Cylinder bestand, im Gegensatze zu den sog. „Drehscheibenblenden", welche an manchen der kleineren Mikroskopstative noch heute seitens vieler Optiker angebracht zu werden pflegen. Fig. 26 stellt eine solche Drehscheibenblende dar. Dieselbe besteht aus einer schwarzen drehbaren Scheibe aus Metall oder Hartgummi, welche mittelst eines Knopfes *k* dicht unterhalb des Objecttisches befestigt ist und hat

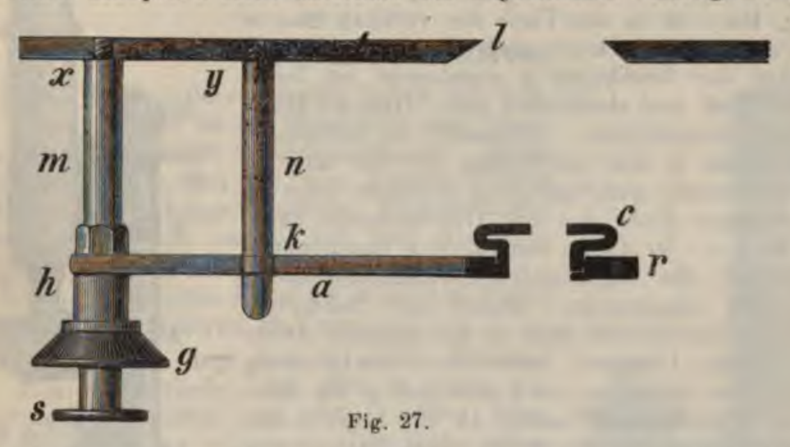


Fig. 27.

mehrere Oeffnungen, von denen die grösste so gross ist, als die Objecttischöffnung. Am Objecttische ist eine Feder angebracht, welche bei Drehung der Drehscheibe in eine seichte Vertiefung derselben gerade dann einschnappt, wenn die Oeffnung der Blende, die man unter die Tischöffnung gebracht hat, mit dieser concentrisch steht, so dass die optische Achse des Instrumentes den Mittelpunkt der Blendung durchsetzt. Da es jedoch, besonders bei der für viele Fälle wünschenswerten seitlichen Beleuchtung des Objectes von Bedeutung ist, dass die Blende knapp unter dem Objecte liegt, dies jedoch durch die zwischen Object und Blendöffnung befindliche Dicke der Tischplatte verhindert wird, so hat Carl Zeiss in Jena den Tisch unter der Tischöffnung ganz ausgehöhlt und eine halbkugelige Blendscheibe in der Höhlung befestigt, wodurch diesem Uebelstande abgeholfen wird. Ein Stativ mit ähnlicher „Glockenblende" verfertigen wohl die meisten deutschen und österreichischen Firmen, doch nennen sie diese Einrichtung richtiger gewölbte Blendscheibe.

Es ist klar, dass das Heben und Senken der Blendöffnung bei den üblichen Drehscheiben nicht ausführbar ist; in die grösste Blendscheibenöffnung eine Hülse einzusetzen, in dem sich ein Cylinder, welcher die eigentliche Blendung trägt, in verticaler Richtung auf- und abschieben lässt, oder die Blendscheibe selbst auf ihrer Achse *K* (Fig. 26) senkrecht beweglich an-

zubringen, sind unvollkommene Auskunftsmittel älterer Mechaniker gewesen, da sie sich schwer in tadelloser und doch billiger Weise herstellen lassen. Die Wohlfeilheit spielt aber bei der Ausstattung kleiner Stative immerhin eine Rolle. Zur Erreichung des erwähnten Zweckes hat man daher andere Auskunftsmittel gefunden und zahlreiche sehr sinnreiche Vorrichtungen erdacht, welche alle mehr oder weniger auf dem vereinfachten sogenannten „substage" der englischen Mikroskopstative beruhen, nämlich einem Untersatz unter dem Objecttische, welcher an einem Arm seitlich und in der Höhenlage verstellbar, geeignet ist, Blenden und sonstige Beleuchtungs- und Nebenapparate aufzunehmen. Carl Zeiss hat zuerst bei seinen grössten Stativen das „substage" eingeführt und wir werden es bei den grossen Stativen kennen lernen. Bei den kleineren Instrumenten haben sowohl Louis Merker, als auch Fritz Ebeling in Wien und auch Carl Reichert derartige „substages" in einfachster, billigster Form mit vielem Geschicke angebracht. Am Instrumente Fig. 24 sehen wir selbes bei *s* unter der Tischplatte. Es lässt sich leicht herunterziehen und ganz zur Seite klappen. In seiner einfachsten, schematischen Gestalt stellen wir es in Fig. 27 dar.

Man sieht in *t* den Objecttisch, in *l* dessen Oeffnung. Bei *x* ist in den Tisch der verticale Stab *m* eingeschraubt, über welchem sich die Messinghülse *h*, an welcher der Griffknopf *g* angebracht ist, leicht aber sicher auf- und abschieben lässt. Dass die Hülse nicht ganz hinuntergehe, verhindert die Scheibe *s*. Mit der Hülse *h* fest verbunden ist der aus geschwärztem Metalle gefertigte Arm *a*; dieser trägt an seinem anderen Ende den im Durchschnitte angestellten Ring *r*. In diesen nun werden durchbohrte Metallcylinder, die sogenannten „Cylinderblenden", wie *c* zeigt, eingesteckt. Damit die Oeffnungsmitte der Cylinderblende stets in die optische Achse falle, welchen Umstand man die Centrirung der Blenden nennt, ist am Tische bei *y* die Leitstange *n* eingeschraubt, welche in ein Loch *k* des Armes *a* genau passt. Da durch zwei Punkte eine gerade Linie mathematisch genau bestimmt ist, so leuchtet ein, dass sich nun die Blende *c* durch Heben und Senken der geschlitzten Hülse *h* in der optischen Achse des ganzen Instrumentes ebenfalls heben und senken und so dem Präparate, welches hier nicht abgebildet ist, ganz nähern und sehr entfernen lässt. Drückt man die Hülse *h* bis zur Schraube *s* hinunter, so kommt das Ende der Leitstange *n* aus dem Loche *k* des Armes heraus und dieser lässt sich nun drehen und zur Seite schlagen, was dazu dient, die Blendung ganz zu beseitigen oder etwa statt des Blendcylinders *c* einen mit grösserer oder kleinerer Oeffnung einzusetzen.

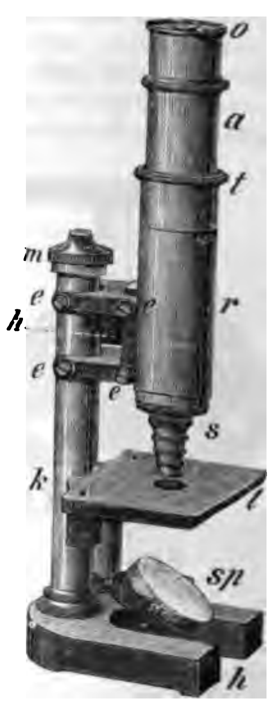


Fig. 28.

Und nun gehen wir weiter. Fig. 28 zeigt uns ein Stativ, wie solche die Firmen Carl Reichert, Merker und Ebeling in Wien und viele ausländische Firmen in grosser Vollkommenheit verfertigen. Die grobe Einstellung geschieht hier mittelst Tubusschiebung, die feine dagegen mittelst Mikrometerschraube am Rohre *r*, in welchem sich der Tubus verschieben lässt. Die Mikrometerschraube, deren Knopf man bei *m* sieht, drückt mit ihrer Spitze gegen den in einem verticalen Schlitze der Säule *k* auf- und abbeweglichen Hebel oder vielmehr Daumen *h*, gegen den von innen der Säule her eine daselbst angebrachte Spiralfeder drückt. Das Rohr *r*, an dem der Daumen *h* fest angebracht ist, hängt aber in dem Gestänge *e e e e*. Wird nun

an der Schraube *m* gedreht, so geht das Rohr *r*, mit ihm der Tubus *t* und mit diesem der ganze optische Theil auf und ab, doch nicht in einer geraden, sondern in einer kreisbogenförmigen Linie, deren Radius der Länge der um die durch Spitzkegelschrauben gebildeten Drehpunkte *e e* des Gestänges *e e e e* drehbaren Arme *ee ee* gebildet wird. Dennoch scheint der Tubus blos auf und abzugehen, weil der Spielraum der Mikrometerschraube selten 10 *mm* überschreitet, also blos ein kurzes Bogenstück als Weg des mit dem Gestänge verbundenen Tubus dient. Da das Gestänge ein Parallelogramm bildet, so nennt man diese Art der feinen Einstellung „Mikrometerschraube mit Parallelogrammbewegung" oder auch nach ihrem Erfinder Roberval die „Roberval-Schraube".

Zuerst von der Firma Seibert & Krafft in Wetzlar auch bei ihren grössten Stativen angewendet, erlangte diese Einstellvorrichtung, welche sehr wohlfeil und dabei verlässlich ist, eine grosse Verbreitung zunächst bei den kleinen Stativen. Auch wurde sie vielfach mit einer groben Einstellung mittelst Zahn und Trieb combinirt, wodurch solche kleine Instrumente fähig wurden, fast zu allen Zwecken verwendet zu werden.

Mittlere Stative.

§ 36. Die mittleren Stative haben bei mittlerem Auszuge circa 30 *cm* Höhe und eine Tischgrösse von circa 6000 Quadratmillimeter. Dabei sind sie in neuerer Zeit bei den meisten Firmen mit Mikrometer-Schraube mittelst Prismaführung versehen, welche ein sanftes Auf- und Absteigen des Tubus gestatten soll.

Die nebenstehende Figur 29 zeigt den Typus eines derartigen mittleren Statives.

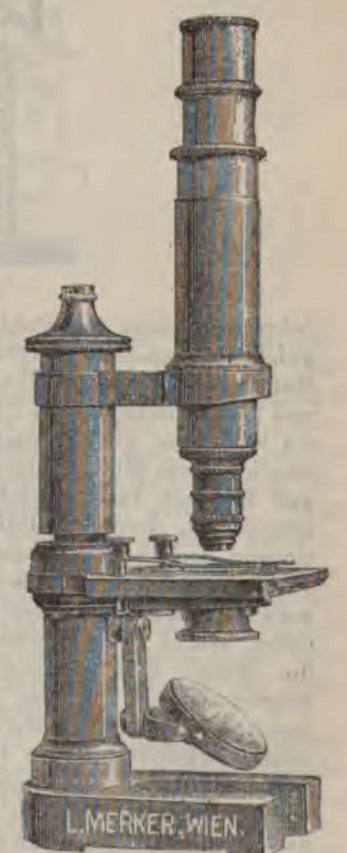


Fig. 29.

Die Blendung liegt hier in einem Cylinder unter dem Objecttische, der sich in einer geschlitzten Hülse höher und tiefer stellen lässt, um so das Licht zu reguliren. Die Hülse selbst ruht in einer Metallplatte, die entweder in Form eines drehbaren Armes am Tische angeschraubt wird und sich zur Seite schlagen lässt, oder an einem Schlitten angebracht ist, der in eine in den Objecttisch an seiner unteren Seite eingehobelte Nuth eingeschoben werden kann („Cylinderblende mit Schlitten").

An Stelle der billigeren, aber doch guten Robervalschraube, welche freilich bei sehr starken Objectiven wegen des bogenförmigen Weges des Tubus die feinste Einstellung etwas erschwert, bringt man an den mittleren Stativen meist eine sogen. „Prismaschraube" an. Fig. 30 erläutert die Bestandtheile einer solchen. Ist *t* der Tisch des Mikroskop-Statives, so zeigt uns *p* das dreikantige Prisma. Daselbe ist hohl, in seiner Höhlung ist in der Mitte, parallel mit der Tubusachse des Instrumentes, die Schraube 1 befestigt. Diese ist die eigentliche Mikrometer-Schraube. Um diese herum ist die Feder *c* aufgewunden oder vielmehr aufgesteckt. Bei *h* sieht man die Prismahülse, eine Messinghülse

welche streng prismatisch ausgefeilt ist und auf das Prisma *p* passt; nur bei 4 und 5 ist etwas Raum gelassen. Bei 5 ist ein Stift, auf welchen die Ergänzungsplatte 4—5 aufgesteckt werden kann. Diese schleift dann auf der Fläche *n* des Prismas. Sie dient dazu, um einen leichten Gang der Prismaführung zu ermöglichen, indem sie verhindert, dass das Prisma auf allen drei Flächen vollständig schleift und sich reibt, da sie schmäler ist als die Fläche *n* und meist von polirtem Stahl oder Lagermetall gefertigt wird. Sie wird auch uneigentlich „Feder" genannt, obwohl sie nicht federn soll. Die Hülse, die den Ring *r* trägt, in dem der Tubus angebracht ist, hat oben bei 2 ein Loch, durch welches die Schraube 1 durchgeht, ohne zu streifen. Oben ist bei 2 eine Stahlfütterung aufgesetzt. Auf die Hülse drückt dann die Schraubenmutter *k*, indem sie auf die Schraube 1 mit der Mutteröffnung 6 aufgeschraubt wird, nachdem die Hülse *h* auf das Prisma aufgesteckt ist, so dass die Schraube 1 durch das Loch 2 hindurchgeht. Die Schraubenmutter *k* wird von Reichert, L. Merker, F. Ebeling in Wien und den meisten deutschen Firmen glockenförmig oder conisch hergestellt, damit der Schraubenknopf das Hineinsetzen von Staub in die feinen Windungen der Mikrometerschraube verhindere. Auch ist bei 6 in den messingenen Knopf die eigentliche

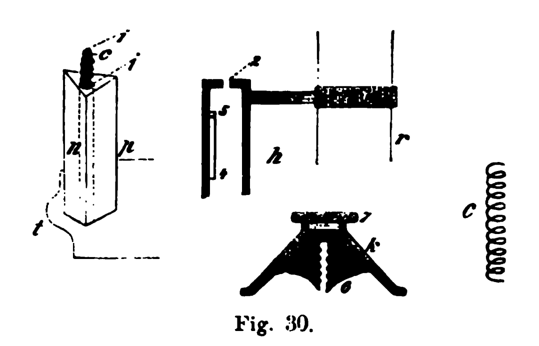


Fig. 30.

Schraubenmutter aus Stahl eingesetzt, bei 7 ist ein Deckelchen aufgeschraubt, welches abgenommen werden kann, sodass man die Vorrichtung ölen kann. Manche Firmen, z. B. Hartnack in Potsdam, bringen zwischen die Theile 6 und 2 ein Plättchen aus Elfenbein, wodurch ein sogenannter „weicherer" Gang, ein leichteres, gleichmässigeres Gehen der Mutterschraube erzielt wird. Es ist nämlich beim Mikroskopiren sehr lästig, wenn man beim Drehen ein Knirschen und Spiessen fühlt, welches, wenn anders das Prisma gut und passend gearbeitet ist, durch Staubtheile hervorgerufen wird, die zumeist aus Kiesel bestehend, sich zwischen die Stahltheile 6 und 2 setzen und die Politur dieser Theile beeinträchtigen, wodurch eine stärkere Reibung hervorgerufen wird und wobei sich die Kante der Stahlschraubenmutter bei 6, auch „Nuss" genannt, ebnet. Durch diese Vermehrung der Reibung entsteht leicht die Tendenz, dass die Mutter *k* beim Drehen die Hülse *h* etwas mitzunehmen sucht, was ja möglich ist, da man das Prisma in der Hülse nicht zu streng einpassen darf, damit nicht (ebenfalls durch Eindringen von Staub oder Nachlassen der Feder *c*) beim Zurückdrehen die Hülse auf dem Prisma stecken bleibt, so dass durch die Drehung des Schraubenknopfes kein Effect an der Einstellung erzielt wird, was man „todten Gang" der Mikrometerschraube nennt. Trägt nun das vorerwähnte „Mitnehmen" auch nur $^{1}/_{100}$ Millimeter aus, so ist begreiflich, dass bei einer 100maligen Vergrösserung das Bild sich um 1 Millimeter, bei 1000maliger aber gar um 10 Millimeter verschiebt und somit aus dem Gesichtsfelde mitunter ganz verschwindet.

In solchem Maasse stellt sich dieser Uebelstand freilich selten ein, aber bei älteren Stativen schwankt das Bild oft schon bei schwachen Vergrösse-

rungen ganz merklich. Deshalb hat man nach Constructionen gesucht, bei welchen die Mikrometerschraube in einem einzigen Punkte angreift, wie dies bei der schon besprochenen Roberval-Schraube der Fall ist, bei welch' letzterer aber keine ganz senkrechte, sondern eine, wenn auch unmerklich schiefe Hebung des optischen Theiles erzielt wird. Eine solche, neuerer Zeit construirte Mikrometerschrauben-Vorrichtung, welche aber eine ganz vertical auf- und absteigende Bewegung des optischen Theiles vermittelt, versinnbildet schematisch die Figur 31 A B u. C, bei welcher dieselben Theile dieselben Bezeichnungen haben.

§ 37. Bei dieser Einrichtung steigt nicht die eigentliche Schraube aus der Höhlung des Prismas hervor, sondern in der Höhlung des Prismas p befindet sich blos die Feder f und drückt nicht gegen den oberen Deckel der Hülse, sondern gegen eine diametral über den durchbohrten Deckel der Hülse h geschraubte Leiste l, welche in der Mitte ein Stahlplättchen y in sich eingelassen trägt. Rund um die Höhlung des Prismas ist ein eisernes, concentrisches Rohr r in das Prisma eingelassen, welches durch die kreisrunde Oeffnung o (Fig. 31 B) des Hülsendeckels hindurch senkrecht aufsteigt. In diesem Rohr ist oben die Schraubenmutter m aus Stahl eingelöthet. Das Rohr selbst ist seitlich unter der Schraubenmutter in einer Länge von circa 7 Millimetern ausgeschnitten, so dass ein Schlitz von der Breite der Querleiste l entsteht.

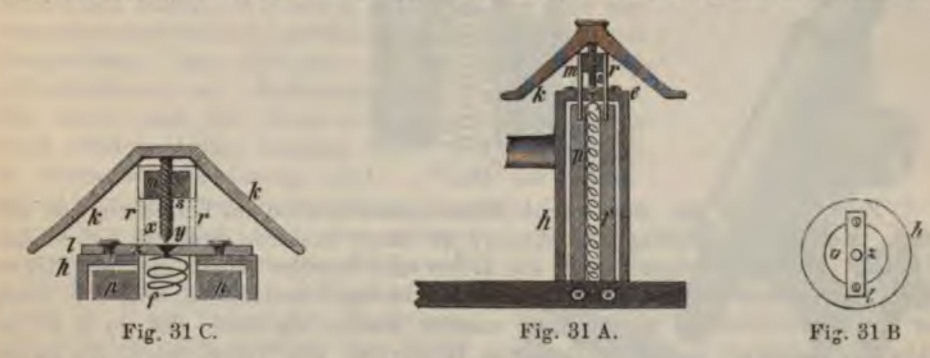


Fig. 31 C. Fig. 31 A. Fig. 31 B

Durch diesen Schlitz ist die Leiste l durchgesteckt, gegen die Leiste drückt die Feder f und sucht die Leiste sammt Hülse soweit zu heben, als der Schlitz gestattet. Die am Knopfe k angebrachte, stählerne Mikrometerschraube s läuft in der Mutter m und drückt mit ihrer Spitze gegen das in der Leiste eingelassene Stahlplättchen l und schiebt beim Schrauben die Hülse sammt optischem Theile hinunter. Diese in einem einzigen Punkt angreifenden Mikrometerschrauben gehen leicht und exact und nützen sich wenig ab. Wir haben hier bei den mittleren Stativen die Prisma-Schrauben deshalb ausführlicher besprochen, weil sie ein sehr wichtiger Theil der Mechanik dieser Stative sind und von Zeit zu Zeit auseinander genommen, gereinigt und mit Knochenöl oder Vaselin eingeschmiert werden sollen (wovon später, bei Abhandlung der Pflege des Mikroskopes die Rede sein wird), wozu eine Kenntniss deren Einrichtung nothwendig ist und weil diese Prismaschrauben, namentlich die letztbeschriebene, auch bei den grossen Stativen wiederkehren.

Sie wurden neuerlich verbessert, indem Winkel in Göttingen und Andere, das Stahlstückchen y etwas conisch gestaltet und beweglich in eine entsprechende Oeffnung der Leiste l bei z eingesetzt haben, wodurch die Spitze der Mikrometerschraube s (x in Fig. 31) gegen das Stahlstückchen y drückend — in Folge der Beweglichkeit des letzteren auch bei dem im Laufe der Abnützung unvermeidlich auftretenden, wenn auch nur Hundertstel eines Millimeters betragenden Schlottern der eigentlichen Mikrometerschraube s in der Schraubenmutter m — ausser Stande ist, ihre Schwankungen auf die Prisma-

hülse *h* und den optischen Theil des Instrumentes zu übertragen. Viele andere Optiker dagegen haben die Spindel der Schraube *s* ausgehöhlt und einen um einige Zehntel-Millimeter kleineren in die Höhlung passenden an beiden Enden conisch zugespitzten Stahlstift, welcher mit Talg oder Vaselin eingefettet, durch die blosse Adhäsion des Fettes in der Höhlung beweglich festgehalten wird — derart in die Schraube *s* eingesetzt, dass das eine herausragende conisch gespitzte Ende gegen *y*, welches in diesem Falle in *l* unbeweglich befestigt sein kann und zur Aufnahme der Spitze eine stecknadelgrosse Höhlung (mit einem sogen. „Körner" eingeschlagen) trägt — drückt. Auch hier paralysirt der bewegliche Stift die Schwhnkungen der Schraube.

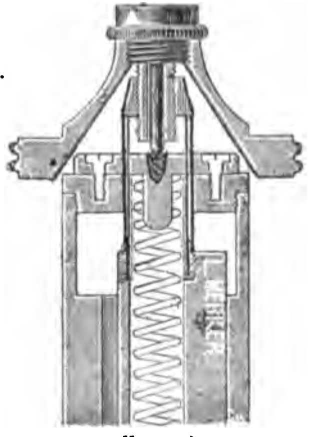


Fig. 32

Fig. 32 zeigt uns eine solche Mikrometerschraube im Durchschnitte, wie sie L. Merker, F. Ebeling und Andere an ihren besseren Stativen anbringen. **Merker** versieht übrigens auch die Roberval-Schraube seiner kleinen Mikroskope nach deutschländischem Vorbilde mit beweglichem Stifte, was den Gang der Roberval-Schraube leichter und exacter macht, da auch der im § 35 erwähnte „Daumen" der bogenförmigen Bewegung des Tubus folgt, die gegen den Daumen drückende Spitze der Mikrometerschraube bei jeder Umdrehung an einem andern Orte des Daumens, allerdings blos in einem Punkte, angreift und dadurch bei der gewöhnlichen Einrichtung, ohne beweglichen Stift, ein Schwanken des Bildes hervorgerufen werden könnte.

Grosse Stative.

§ 38. Die grossen Stative haben meist eine Tischgrösse von 10.000 Quadratmillimeter. Die Höhe beträgt circa 35 Centimeter bei mittlerem Tubusauszuge. Der Tisch ist meist drehbar um die optische Achse, indem der ganze Oberkörper des Instrumentes sammt Mikrometerschraube und Tubus sich auf einer unteren Tischplatte drehen lässt, oder der im letzteren Falle runde Tisch um einen hohlen, conischen Untersatz rotirt. Die erstere Einrichtung verdanken wir **Oberhäuser** und dessen Nachfolger **Hartnack**, letztere haben Professor **Welcker** (1856) und vor ihm **Pacini** zuerst angeregt (Welcker'scher Drehtisch), aber erst Carl **Zeiss** brach durch seine exacte Mechanik dieser für goniometrische und polarimetrische Untersuchungen und photographische Aufnahmen unter dem Mikroskope gleich vorzüglich geeigneten Einrichtung bei uns Bahn. Es leuchtet ein, dass, wenn der Spiegel schief gestellt ist und das Object auf dem Tische liegt, die schiefen Strahlen beim Drehen stets unter einem und

demselben Winkel, aber stets von verschiedenen Seiten auf das Object fallen, wodurch manches sichtbar wird, was sonst unsichtbar geblieben wäre. Die Einrichtung von Oberhäuser, dass sich der ganze Oberkörper des Mikroskopes um seine optische Achse dreht, hat den Vortheil, dass Objectiv und Gegenstand immer ganz genau dieselbe Stellung zu einander behalten. In Fig. 33 ist ein grösseres Stativ, wie es bei C. Reichert, bei L. Merker und auf Wunsch auch bei F. Ebeling zu haben ist und welches im Ganzen und Grossen dem Typus, welchen Carl Zeiss in Jena im vorigen Jahrzehnte den grossen Mikroskopen gegeben hat, entspricht, abgebildet. Den unter dem Tische an einem „substage“ angebrachten Abbe'schen Beleuchtungsapparat werden wir weiter unten besprechen; rechts sieht man in einem zweiten „substage“ die Cylinderblende. Diese Subtageeinrichtung ist hier an einer drei- oder vierkantigen Stange aus Messing, sogenanntem „Prisma“, an welchem eine Hülse mittelst Zahn und Trieb sich höher und tiefer stellen lässt. angebracht. An dieser Hülse ist nämlich ein drehbarer Arm befestigt, welcher ein Loch hat; in dieses Loch passt ein Centrirstift, der an der Unterseite des Tisches angebracht ist. Am Ende des Armes ist ein Ring angeordnet, in dem ein hohler, geschwärzter Conus eingesetzt ist, in welchem wieder die Cylinderblenden ihren Platz finden. Wir sehen also, dass wir hier nur eine vergrösserte und vervollkommnete Form der bei Besprechung der kleinen Stative beschriebenen Cylinderblende an drehbarem Arm vor uns haben. Nur wird hier der Arm nicht durch Schieben in einer runden Hülse, sondern durch Zahn und Trieb in einem Prisma bewegt und es wird der Blendcylinder nicht direct in den Ring eingesetzt, sondern in ein Zwischenstück (den Conus), welches in dem (bedeutend grösseren) Ringe ruht und mitunter durch 2 Schrauben und einer im Ring befestigten Feder centrirt werden kann, so dass der Mittelpunkt der Blendöffnung genau in die optische Achse fällt. Fig. 34 zeigt uns den Arm mit Ring in dem sich auch verschiedene andere Apparate, als Condensoren, Nicol'sche Prismen[1]) etc. anbringen lassen und den man nach englischem Vorgange Untersatz oder, wie wiederholt erwähnt, englisch „substage“ nennt — in schematischer Abbildung. *f* ist die Feder mit dem Stift; s_1, s_2 und s_3 sind die Centrirschrauben, *r* der Ring, *a* der Arm mit dem Centrirloch *l*.[2]) Bei vielen ganz modernen Stativen, insbesondere bei solchen mit rundem, centrirbaren Tische bleiben am „Substage“ die Feder und die beiden Centrirschrauben fort, und es werden auch die Condensoren, Blenden und dergleichen ein für allemal centrirt in den Ring *r* eingesetzt. Besonders gerne versieht man jetzt diese Substageringe mit einer „Irisblende“, welche sich gleich der Pupille eines Auges erweitert und verengt, wenn man

Fig. 33.

[1]) Zur Untersuchung mikroskopischer Objecte im polarisirten Lichte dienend.
[2]) Dieses Loch hat denselben Zweck, wie K bei dem in Fig. 27 abgebildeten kleinen subtage. (Vgl. § 35.)

einen Griff verschiebt. Man hat Irisblenden, welche von einer Oeffnung ei Millimeters sich allmälig auf eine solche von 30 und mehr Millimetern weitern lassen; sie finden nicht nur in der Mikroskopie sondern auch in gewöhnlichen Photographie ausgedehnte Anwendung, sind jedoch nicht ger billig, was freilich durch ihre mühsame Montirung erklärlich erscheint.

Fig. 35 zeigt uns eine solche. Die Blende besteht aus im Kreise fäch artig angeordneten sichelförmigen Plättchen aus Stahlblech, die mitt einer in dem Ringe, in dem sie gefasst sind, angebrachten Mechanik du Schieben des in der Fig. 35 sichtbaren kleinen Griffes derart verstell sind, dass sie eine Oeffnung von 1 *mm* bis zu 32 *mm* freilassen, je nachd man den Griff schiebt. Wie gesagt, ist diese Einrichtung bis nun meist an Substages und an den Beleuchtungs-Apparaten nach Abbe angebracht word C. Reichert in Wien und F. Ebeling in Wien gebührt aber das Verdie diese handsame, einen steten Uebergang der Lichtstärke ohne das läst Blendenwechseln gestattende Einrichtung auch für directes Spiegellic bei uns schon Ende der Achziger-Jahre eingeführt zu haben, sodass s dieselbe sogar in die Hülse der Cylinderblendung einsetzen und somit a mit geringen Adaptirungs-Kosten an kleineren Stativen verwenden lässt. De Construction ist eine von der vorbeschriebenen etwas abweichende. Fig. stellt eine solche Irisblendung, welche sich in einer Hülse unter dem Obje tische verschieben lässt und dadurch überdies auch noch die Modification d Beleuchtung durch Höher- und Tieferstellen der Blende anzuwenden gesta dar, wie selbe Herr F. Ebeling an einem kleinen Stative angebracht h Dreht man an dem in der Figur sichtbaren stiftförmigen Griff, so kann m die Oeffnung erweitern oder verengern, je nachdem man mehr oder wenig Licht braucht. Doch kehren wir wieder zu unserem Stative Fig. 33 zurück

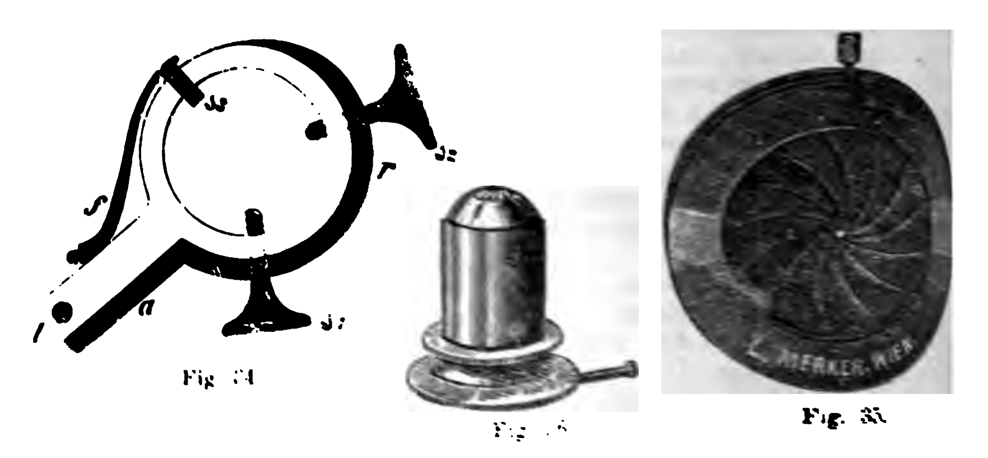


Fig. 34 Fig. 36 Fig. 35.

An diesem Stative, welches ein typisches Musterstativ geworden ist, das einstige grosse Hartnack'sche, das wir hier übergehen, weil es überholt ist durch neue, ... Bedürfnissen insbesondere jener Bacteriologie, entsprechende ... vom Hartnack'schen Stative Hufeisenfuss meist ... bemerken wir allerlei bisher nicht besprochene Einrichtungen.

Da sehen wir vor Allem, dass der Tisch sammt Spiegel ebenso wie Tubus, kurz der ganze Oberkörper sammt Beleuchtungsapparat, um einen Fusse angebrachte horizontale Achse sich neigen lässt, eine Einrichtung, wel

[illegible] Eigentlich ... sondern schon von einem Verfa Oberhäuser 1848 ... Jahren dieses Jahrhunderts an ... verbreitet ...

man „Kippung“ nennt und die das Mikroskop „umlegbar“ macht, so dass man auch bei bequemer Kopfhaltung in das Instrument blicken kann, weiters sehen wir, dass der Auszug eine Theilung trägt und das Ablesen der Tubuslänge gestattet. Dies ist bequem, weil, wie wir ja aus dem Schlussabsatze des § 22 wissen, die Tubuslänge auf die optische Wirkung nicht ohne Einfluss ist. Dass die grobe Einstellung mittelst Zahn und Trieb, die feine mittelst Prismaschraube erfolgt, wird der Blick des Lesers schon selbst aus der Figur erkennen. Aufklären aber müssen wir ihn darüber, warum ein Zeiger am Mikroskoparme angebracht ist und auf den Rand der Mikrometerschraube hinweist. Der Rand des Schraubenkopfes trägt eine Kreistheilung in 100 Theile. Man nennt diese Einrichtung „Focimeter“, weil man damit durch Aenderung der focalen Einstellung des Objectives Niveaudifferenzen von verschiedenen Durchschnittsebenen des Objectes bestimmen und somit auch die Dicke von Zellschichten, Deckgläschen etc. feststellen kann. Obgleich diese Einrichtung ein Messapparat, ein Dickenmesser ist, so wollen wir ihn schon hier kurz besprechen, da er, wie gesagt, bei keinem modernen grossen Stative fehlt und sich auch leicht an jedem kleineren Stative anbringen lässt.

Nehmen wir an, dass ein Schraubengang der Mikrometerschraube eine Ganghöhe von 0·2 *mm* habe, so wird bei einer Umdrehung des Schraubenkopfes, falls derselbe in 100 Theile getheilt ist, von dem mit 100 bezeichneten Striche bis wieder zu demselben Striche (der gleichzeitig den Nullpunkt darstellt) der optische Theil um 0·2 *mm* gehoben, resp. gesenkt. Ein Theilstrich entspricht also einer Niveauveränderung von 0·002 *mm*, d. i. 2 Tausendstel eines Millimeters. Natürlich muss dabei die Höhe eines Schraubenganges bekannt sein und wird dieselbe oder neuestens gleich der Werth eines Theilungsgrades in Millimetern oben auf den Knopf gravirt.[1]) Stellt man nun zuerst die obere Fläche eines Objectes genau ein, notirt den Stand des Zeigers am Rande der Schraube, stellt dann die untere Fläche des Objectes scharf ein und liest wieder ab, so ergiebt die Anzahl der gelesenen Theilstriche die Dicke des Objectes. Solche Messungen leiden aber an mehreren Fehlern, die in optischen Verhältnissen ihren Grund haben. Wir werden sie bei der Lehre vom Messen mikroskopischer Objecte besprechen, wo auch die anderen Messapparate des Mikroskopikers ihre Erörterung finden sollen.

Hier müssen wir noch erwähnen, dass bei den grossen Stativen modernster Construction die bisher beschriebenen Mikrometerschrauben zur feinen Einstellung sich als nicht ganz verlässlich erwiesen haben.

§ 39. Da nämlich die bacteriologischen Arbeiten behufs Ermöglichung der Aufnahme geräumiger Culturschalen grosse Objecttische erfordern und dies eine erheblichere Länge des Armes, welcher den Tubus, der oft noch mit den später zu besprechenden Revolvern beschwert ist — nothwendig macht, so erfolgt dadurch leicht eine solche Verschiebung des Schwerpunktes des ganzen Instrumentes und der Prismaführung der Mikrometerschraube insbesondere, gegen vorne, dass der exacte, leichte Gang der Mikrometerschraube durch das sogenannte „Ueberhängen“ des Tubus in Frage gestellt wird. Namentlich tritt dies leicht bei den in § 37 beschriebenen neuen, nur in einem Punkte angreifenden Mikrometerschrauben mit Prismaführung und beweglicher Spitze oder beweglichem Conus ein. Um dies zu verhindern, haben viele Optiker besondere Vorkehrungen getroffen, welche alle hier anzuführen, zu viel Raum einnehmen würde, umsomehr, als die wenigsten dieser Behelfe ihren Zweck erreichen.

---

[1]) Bei einem dem Verfasser gehörigen Stative von L. Merker ist der Knopf der Mikrometerschraube am Rande in 50 Theile getheilt und er trägt die Gravierung $^1/_{100}$ an dem Scheitel des kegelförmigen, oben abgestutzten Schraubengriffes. Ein Theilstrich entspricht thatsächlich einer Hebung oder Senkung um 0·01 mm, weil das Gewinde der Mikrometerschraube auf einen Millimeter 2 Gänge hat, also die Ganghöhe $^1/_2$ mm ist.

Robervalschrauben leiden unter diesem Uebelstande viel weniger als Prismaschrauben, doch wendet erstere nur Seibert in Berlin an grossen Stativen an. Andere Optiker versuchten an grossen Stativen Verbesserungen der Prismaschraube und fast jedes Jahr bringt solche Modificationen eines oder des anderen Mikroskoperzeugers. So brachte Merker an sehr grossen Stativen mit schweren Revolvern (über diese weiter unten) Frictionsrollen aus Stahl an, welche gegen das Prisma drückten und durch eine Schraube lockerer und fester gestellt werden konnten. Bei dieser Einrichtung kann das Prisma in die Hülse so strenge eingepasst werden, dass das sogenannte „Ueberhängen" vermieden wird. Das Plus an Reibung gleichen die beiden Frictionsrollen aus. Ich bin glücklicher Besitzer eines mit dieser Vorrichtung ausgestatteten grossen





Fig. 37.

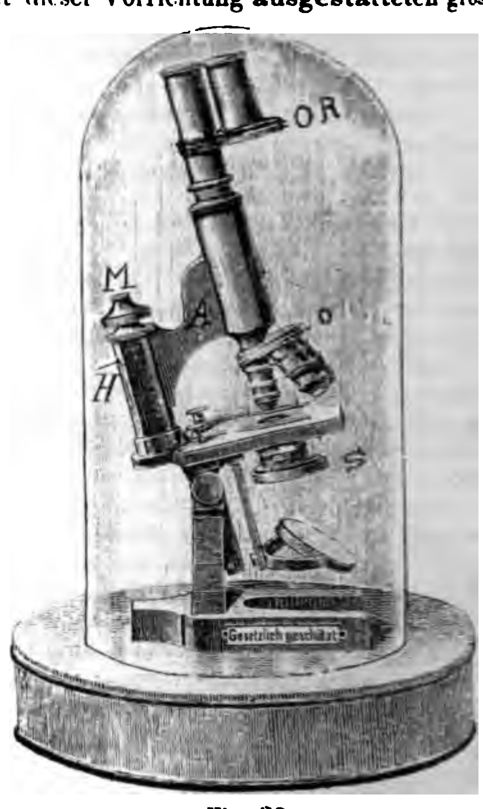


Fig. 38.

Statives von Merker, an welchem sowohl ein für 4 Objective berechneter Objectivrevolver (siehe unten § 43) Merkers, als ein dreifacher Ocularrevolver F. Ebelings angebracht werden kann, ohne dass ein merkliches „Ueberhängen" sich beim Gange der im Uebrigen wie in Fig. 32 construirten Mikrometerschraube bemerkbar machen würde.

Diese Vorrichtung ist aber in der Herstellung recht theuer und deshalb [illegible] neuerer Zeit die Mikroskoperzeuger sich bemüht, relativ billigere und [illegible] liche Auskunftsmittel zu wählen. Carl Reichert in Wien hat [illegible] [illegible] Erwägung, dass bei grossen Mikroskopen mit sehr schwerem Obertheile [illegible] Spiralfeder, welche den Obertheil in die Höhe zu heben hat, sehr [illegible] und dann beim Niederschrauben einen schweren, oder wie der [illegible] lautet, „harten" Gang der Mikrometerbewegung und damit die [illegible] hervorbringt, ja die feinen Gänge der Mikrometerschraube [illegible] Druck verreibt — abweichend von den bisherigen Con[illegible] veranlasst gesehen, nicht die Prismaführung mittelst Feder

in die Höhe zu drücken, sondern, wie eine genaue Betrachtung der Fig. 37 zeigt, dieses Princip umzukehren und die eigene Schwere des Obertheiles des Mikroskopkörpers als Gegengewicht zum theilweisen Ausgleich des gleichmässigen Ganges der Mikrometerschraube zu benützen. Zwei in der Prismahöhle symmetrisch angebrachte zarte Federn genügen zum Ausgleiche der Reibung, verhindern zusammen mit dem genau eingepassten Prisma ein einseitiges Ueberhängen und bewirken einen dauernd weichen Gang der feinen Einstellung. Hier wird beim Niederdrehen der Schraube der Mikroskopobertheil nicht herabgedrückt, sondern gehoben, indem die bewegliche Stahlspitze der Schraube gegen ein Stahlwiderlager in einem Punkte drückt und dadurch die Hülse sammt den Federn in die Höhe zieht. Die letzteren werden dabei gegen eine mit Führungsstiften, welche im Innern der Spiralfedern ruhen, versehene, oben am Prisma festgeschraubte Scheibe zusammengedrückt. Wird die Schraube in umgekehrter Richtung gedreht, so sinkt der Obertheil durch sein eigenes, von den zur Ausgleichung der Reibung dienenden schwachen Federn balancirtes Gewicht. Die Schraube hat also nur ein klein wenig mehr als das Gewicht des Mikroskopkörpers beim Heben zu tragen. Beim Senken wirken die Federn der abwärtsgehenden Bewegung nicht entgegen, sondern unterstützen sie, also ist das Verhältnis ganz entgegengesetzt der Wirksamkeit der Federn bei den bisher beschriebenen Mikrometerschrauben.

Da man bekanntlich Schrauben mit „Rechtsgewinde“ und „Linksgewinde“ herstellen kann und zwar letztere derart, dass, wenn man in der Richtung des Uhrzeigers dreht, sie sich nicht in ihre Mutter hinein-, sondern aus ihr herausdrehen, so leuchtet es ein, dass sich die Reichert'sche Einstellung auch so machen lässt, dass bei dem Drehen von Links nach Rechts, sich wie man es bei den bisherigen Constructionen der feinen Einstellung gewohnt war, der Obertheil senkt, also dem Präparate nähert und umgekehrt. Eine eigenartige Mikrometerbewegung bringt Ed. Messter in Berlin an seinem in Fig. 38 abgebildeten Universalbacterienmikroskop (D. R. G. M. Nr. 1045) an. Mit dem Knopfe M ist direct die Schraube verbunden, welche mit der Spitze auf den um die Achse A drehbaren Hebel H drückt. Gegen den Hebel drückt unten in der Stativsäule eine Spiralfeder. Der Hebel bewegt nun mit seinem jenseits der Achse A gelegenen Ende den in einer Hülse beweglichen inneren Tubus, welcher durch Schlitze, in die die Schrauben s und s_1 eingreifen, eine sichere Führung erhält — auf und ab, wenn die Schraube M gedreht wird. Ich habe diese Einstellungsvorrichtung, welche, wenn gut gearbeitet, sehr exact wirkt, bei einem an Dr. Hans Heger, Hauptschriftleiter der Pharmaceutischen Post gelangten Messter'schem Stative zu probiren Gelegenheit gehabt und konnte ganz gut mittelst derselben eine homogene Immersion auf Tuberkelbacillen einstellen.[1])

§ 40. Die älteren, mitunter bei grossen englischen Instrumenten und auch bei kleinen hiesigen noch heute vorkommenden feinen Einstellungen am Tubus, bei welchen eine Mikrometerschraube auf einen Hebel drückt, welcher das zur Aufnahme des Objectivsystems bestimmte, hier in dem übrigen Tubus verschiebbar eingerichtete Ende des Mikroskoprohres auf- und niederbewegt, wobei eine im Tubus selbst befindliche Spiralfeder diese Bewegung regelt, ist wenig empfehlenswerth, da sie erstens durch das An- und Abschrauben der Systeme oder des Revolvers sehr leidet, und zweitens, wenn dies auch nicht der Fall wäre, eine Verlängerung oder Verkürzung der Tubuslänge bei jeder Einstellungsänderung zur Folge hat, während doch, wie wir gehört haben, die Tubuslänge, für welche die Objective ihre beste Wirkung entfalten sich constant erhalten lassen soll. Da weiters

[1]) Bei diesem neuen „Universalbacterienmikroskop“ Messters fehlt die grobe Einstellung ganz, weil sie durch die Combination der erst später zu besprechenden Revolver (§ 43 d. B.) entbehrlich gemacht werden soll. Beim Wechseln der zu beschauenden Präparate wird der Tubus durch Druck auf das Hebelende H (Fig. 38) einfach gehoben. Vgl. übrigens auch § 48 d. B.

mit der Verlängerung der Tubuslänge unter sonst gleichen Umständen die Vergrösserung wächst, und umgekehrt, so kann diese Einstellvorrichtung auch bei Messungen und Zeichnungen störend wirken. Wir unterlassen also eine eingehendere Schilderung und Abbildung dieser Art feiner Einstellvorrichtung, sowie überhaupt aller jener Arten, welche wohl mit den besten Intentionen versucht wurden, aber bei den modernen Mikroskopen zu keiner dauernden Verwendung gelangt sind.

Wir schliessen die Beschreibung der Stative mit dem Hinweise, dass jedes Semester, namentlich bei den theueren Stativen, neue Verbesserungen bringt und im Verlaufe dieser Darstellung noch eine oder die andere derselben an passender Stelle erörtert werden soll; insbesondere wollen wir nach Abhandlung der Beleuchtungs-Apparate und Bequemlichkeits-Einrichtungen einige moderne vollständige Mikroskope österreichischer und deutscher Firmen in Wort und Bild Revue passiren lassen; jetzt wäre dies verfrüht, da ohne Kenntnis erwähnter Nebenapparate das Verständniss der mit dem verschiedensten Zugehör abgebildeten Instrumente mangeln würde. Es wurden auch Stative für besondere Zwecke hergestellt, welche ebenfalls an geeigneter Stelle besprochen werden sollen als da sind: Mikroskopstative für Polarisationsuntersuchungen (Petrographische und mineralogische Instrumente), eigens für Photographie bestimmte Stative, solche für Fleischbeschau etc.

Die meisten dieser Stative lassen sich jedoch durch ein gutes, universelle Zwecke berücksichtigendes Mikroskopstativ mit den entsprechenden Nebenapparaten entbehrlich machen. Viele Optiker kündigen jetzt sogenannte „Bacterien-Mikroskope" an; diese sind nichts anderes, als mit geräumigen Tischen, einem Beleuchtungsapparat mit Condensor (von welchen Apparaten wir im Folgenden hören werden), einem oder zwei schwächeren und mittelstarken Trockenobjectiven, sowie endlich einer schwächeren, homogenen Immersion versehene, grosse oder mittlere Stative und müssen wir gleich hier erwähnen, dass jedes grössere Mikroskop heutzutage derart ausgestattet sein soll, dass es zu bacteriologischen Untersuchungen dienen kann, weil die mikroskopische Untersuchung auf den meisten Gebieten auf Mikroben stossen wird und es für den Mikroskopiker dann sehr unangenehm sein dürfte, wenn er bei einer, sei es ihm auch nur durch den Zufall aufgedrängten bacterioskopischen Untersuchung Hindernisse an seinem Instrumente fände.

Die Beleuchtungsapparate.

§ 41. Man theilt die mikroskopischen Beleuchtungsapparate zweckmässig in solche ein, A., welche der für die mikroskopische Beobachtung gewöhnlichen Beleuchtung mit durchfallendem Lichte dienen und B., welche eine Beleuchtung mit auffallendem Lichte gestatten.

A. Apparate für durchfallendes Licht.

Wir haben bereits den allgemeinen Beleuchtungsapparat, bestehend aus dem Hohl- und Planspiegel, bei den Stativen kennen gelernt. Frühzeitig kam man schon darauf, an Stelle des Hohlspiegels einen Planspiegel mit einer zwischen letzterem und der Tischöffnung des Statives angebrachten Sammellinse „Condensor" zu setzen. Später, als man starke Linsensysteme mit verhältnissmässig noch geringen Oeffnungswinkeln fertigte, welche viel Licht absorbirten, construirte man in der Weise Beleuchtungsapparate, dass man in die Vorrichtung zur Aufnahme von Blenden eine Linse einsetzte, die die Strahlen auf das Object stärker concentrirte, als es der Spiegel allein zu thun vermochte; ja man begann allmälig eigene, nach Art schwacher Systeme zusammengesetzte achromatische Condensoren zu construiren. Als dann die Systeme an Oeffnung zunahmen und dadurch an Lichtstärke gewannen, erach-

teten die meisten Mikroskopiker Deutschlands jede über den Hohlspiegel und die Cylinderblendung mit Schlitten hinausgehende Beleuchtungsvorrichtung für eine blosse Ueberladung des Instrumentes und nannten die Benutzung solcher Beleuchtungsapparate eine Künstelei, obgleich Dujardin einen namentlich in Frankreich und England verbreiteten, zweckmässigen achromatischen Beleuchtungsapparat construirt hatte, der im Wesentlichen aus einem achromatischen Linsensystem von grosser Oeffnung mit einer behufs Abblendung zwischen Spiegel und unterster Linse angebrachten Drehscheibe bestand. Das Ganze liess sich in die englischen Substage-Vorrichtungen leicht einsetzen und höher und tiefer stellen, wodurch man in die Lage gesetzt war, dem Objecte concentrirtes Licht, und zwar nach Wahl convergirende oder divergirende Strahlenbüschel zuzuführen. Für schiefes Licht construirte P. Harting einen ähnlichen, mit in Charnier allseitig verstellbarer planconvexer Beleuchtungslinse versehenen Condensor.

Später entdeckte Dr. Abbe die Eigenschaft von Linsen sehr kurzer Brennweite und grosser Oeffnung, die Contouren von Objecten, durch die man mit ihrer Hilfe convergirendes Licht in centraler Richtung von unten durchgehen liess, zu verwischen, dagegen deren Farben deutlich hervorzuheben. (Auslöschung des Structurbildes[1]), welche Professor Robert Koch in so genialer Weise zur Auffindung gefärbter Bacterien zu benützen verstanden hat.)

Dr. Abbe wies weiters nach, dass man solchen Linsen eine sehr grosse Apertur geben und dieselben zu den gewöhnlichen histologischen Zwecken nicht zu achromatisiren brauchte.

Man erzielte dann bei sehr hohen Aperturen eine vollständige Ausnützung der Randstrahlen, welche zwar der Schärfe des Bildes Eintrag that, jedoch gefärbte Zellkerne, namentlich aber gefärbte Bacterien scharf hervortreten liess. Schaltete man nun zwischen die halbkugelige Linse (ein gewöhnlicher Glasknopf kann schon davon einen Begriff geben) und dem Spiegel eine Blende ein, so konnte man es durch Auswahl der Blende oder Höher- und Tieferstellen der Linse soweit bringen, dass nicht nur die Farben noch immer deutlich hervortraten, sondern auch die Contouren wieder deutlicher wurden, als bei Anwendung des sogenannten „offenen“, das heisst unabgeblendeten „Condensors“ (weil er das Licht condensirt) erreichbar war.

Auf Grund dieser Erfahrungen construirte Dr. Abbe seinen zuerst von Zeiss in Jena ausgeführten, berühmten Abbe'schen Beleuchtungsapparat, dessen Schema wir in Fig. 39 darstellen.

In l sehen wir die oberste planconvexe, in den Mantel m gefasste Linse, deren plane Fläche mit dem Objecttische in eine Ebene fällt, darunter die sich fast berührenden biconvexen Linsen l_1 und l_2, die mit l ein System von hoher Apertur, z. B. 1·30, bilden. Ist o-o' der Tisch des Mikroskopes, so sehen wir in p das Präparat auf demselben liegen. Auf dieses werden die vom Spiegel in der Richtung des Pfeiles f geworfenen Strahlen unter hohem Oeffnungswinkel concentrirt.

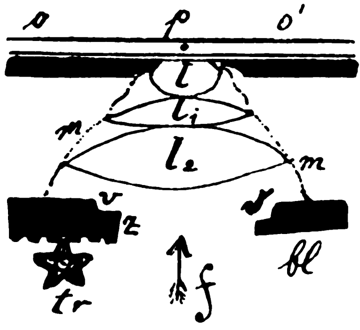


Fig. 39.

Zur Moderirung des Lichtes sehen wir bei bl einen aus einer mit einer ausgedrehten, zur Aufnahme der kreisrunden Blendscheiben dienenden Vertiefung v versehenen Blendenträger, der mittelst Zahn und Trieb z und tr in Schienen beweglich ist, so dass er excentrisch gestellt und

[1]) Diese Auslöschung tritt jedoch nur für innere Structuren ein. Feine Streifungen an der Oberfläche erscheinen dagegen deutlicher, als dies bei centraler Beleuchtung ohne Condensor der Fall wäre.

so zur schiefen Beleuchtung benützt oder auch behufs Wechsels der Blendscheiben ganz herausgeschoben werden kann. Das Ganze war beim ursprünglichen Zeiss'schen Modell, und dessen ersten Imitationen einfach mittelst einer Schiene sammt Planspiegel unterhalb des Tisches in die Spiegelcoulisse des grossen Zeiss'schen Statives einschiebbar.

Um jedoch ein rascheres Wechseln von Abbe'scher Beleuchtung und gewöhnlichem Spiegellicht zu gestatten, ist man von dieser Form abgekommen, und zwar zunächst bei den kleinen Stativen, denen schon Leitz und nach ihm Reichert, ferner Merker und Ebeling in Wien einen zwar kleinen



Fig. 40. Fig. 41.

und einfachen, aber sehr handlichen Abbe'schen Beleuchtungsapparat beigaben, der sich zunächst nach Art der in Fig. 27 von uns abgebildeten Blendvorrichtung höher und tiefer stellen liess, während der Blendenträger statt mit Zahn und Trieb mit Schlitten verschiebbar war. Seither wurden die Abbe'schen Beleuchtungsapparate in den verschiedensten Formen verfertigt, ohne im Principe daran etwas zu ändern. Wir werden nicht ermangeln, sobald wir die verschiedenen Stative werden Revue passiren lassen, die Anbringungsarten

kurz zu skizziren. Hier wollen wir vor Allem erwähnen, dass auch Condensoren mit blos zwei Linsen in Gebrauch sind, welche für schwächere Aperturen genügen. Zeiss in Jena fertigt solche von 1·20 Apertur, während die dreigliedrigen von Zeiss 1·40 nummerirter Apertur besitzen. Auch Reichert in Wien führt diese Sorten Condensorsysteme für den Abbe'schen Beleuchtungsapparat, ausserdem aber einen achromatischen Condensoreinsatz für photographische Zwecke, bestehend aus einem dreigliedrigen Linsensystem. Powell and Lealand, eine englische Optikerfirma in London, macht ihren Condensor sogar aus einem viergliedrigen apochromatischen Linsensystem von hoher Apertur und wird dieser Beleuchtungsapparat von van Heurck, dem berühmten Diatomeenforscher, sehr gelobt.

Da die wenigsten Leser dieses Leitfadens in die Lage kommen dürften, solche englische Condensoren zu benützen, so kehren wir sofort zu unseren gebräuchlichen Abbe'schen Beleuchtungsapparaten zurück und wollen einen mittelgrossen Apparat zuerst besprechen, da sich ein solcher auch an kleineren Stativen anbringen lässt und die Modificationen der Beleuchtung fast in demselben Maasse gestattet, wie die grossen Abbe'schen Beleuchtungsapparate.

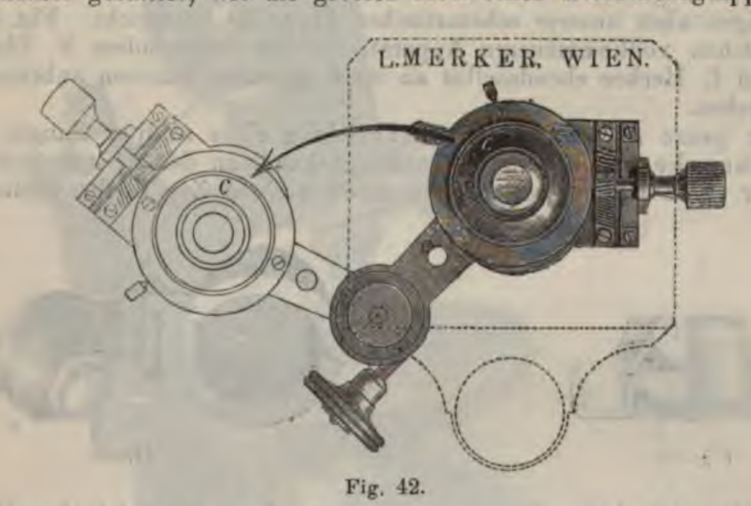


Fig. 42.

Die vorstehende Fig. 40 zeigt uns einen sehr handlich angebrachten Abbe'schen Beleuchtungsapparat an einem vollkommeneren mittleren Stativ sammt den dazu gehörigen 4 Blenden, unter denen sich eine von sternförmiger Form befindet, über deren Zweck wir alsbald sprechen werden. Der Blendenträger bei diesem Beleuchtungsapparate ist mit Handgriff zum Herausziehen, resp. Verschieben behufs Erzielung excentrischer Beleuchtung eingerichtet, während die Verschiebung in die Höhe durch Zahn und Trieb an einem geschlitzten Cylinder erfolgt.

Dabei hat der Abbe'sche Beleuchtungsapparat keinen eigenen Spiegel wie bei der ursprünglichen Zeiss'schen Construction, sondern man kann den zur gewöhnlichen Beleuchtung vorhandenen Plan- oder Hohlspiegel benützen. Schiebt man den Apparat in seine niedrigste Lage, so klappt er sich zur Seite und die gewöhnliche Beleuchtung mit Spiegellicht und Blende kann dadurch eingeführt werden, dass man den Schlitten mit Cylinderblende unter die Tischöffnung schiebt.

Diese kleineren Beleuchtungsapparate haben eine Apertur von 1·20 bis 1·30 und sind vollkommen im Stande, die grossen Apparate zu ersetzen.

Uebrigens hat die Einführung der Irisblende, über die wir oben bei den Stativen schon gesprochen haben, einen grossen Fortschritt bedeutet, und braucht man die Blenden nicht mehr unter Unterbrechung der Beobachtung zu wechseln,





Fig. 44 zeigt den Apparat mit den herausgeklappten Condensor. Man sieht deutlich die Iris *J*, welche mit dem Schieber *H* sich erweitern und verengen lässt. Durch diese geniale Einrichtung dient diese Irisblende zur gewöhnlichen Diaphragmenbeleuchtung und hat den Vortheil, dass sie unmittelbar

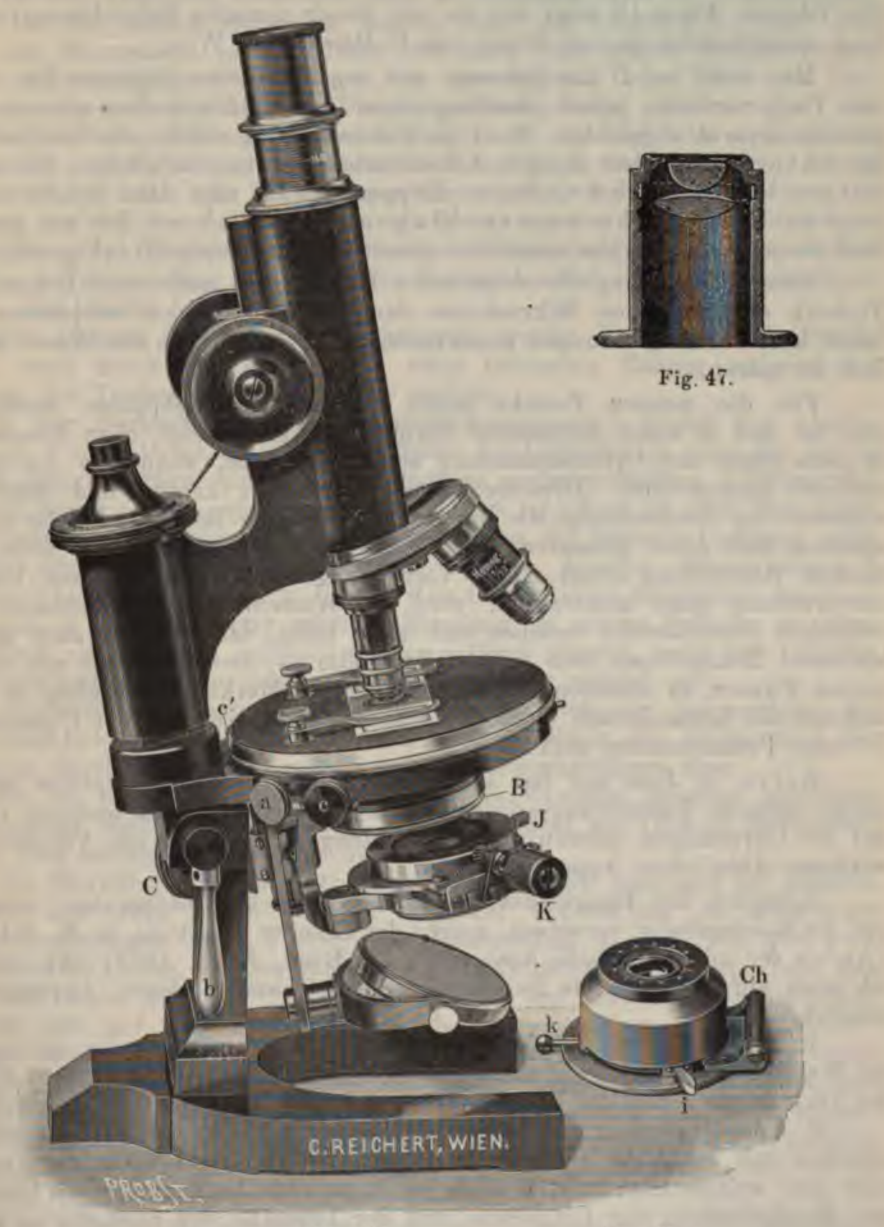


Fig. 47.

Fig. 45. Fig. 46.

unter dem Präparate befindlich, durch jene Hebevorrichtung, welche das ganze Substage hebt und senkt, dirigirt werden kann. Natürlich ist zur Strahlenbegrenzung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates eine zweite Irisblende ebenfalls nothwendig. Diese ist, wie gewöhnlich, unter dem Condensorträger eingeschaltet und behufs schiefer Beleuchtung mittelst Zahn und Trieb seitlich

verstellbar. Dieser neue Reichert'sche Beleuchtungsapparat hat also zwei Irisblenden. Die über dem Condensor angebrachte dient nach Herunterklappen des Condensors zur Modification des gewöhnlichen Spiegellichtes, die unter dem Condensor befindliche dagegen zur Modification der Abbe'schen Beleuchtung. Arbeitet man mit der letzteren, so lässt man die obere Iris offen stehen. Die folgende Figur 45 zeigt uns ein mit dieser neuesten Beleuchtungsvorrichtung ausgestattetes grosses Stativ von C. Reichert in Wien.

Man sieht bei *B* das Substage mit dem Condensor (letzterer hier durch den Tisch verdeckt, jedoch daneben unten in Fig. 46 mit dem oberen Irisgehäuse separat abgebildet). *K* ist die Triebschraube, welche die Schiefstellung der unteren mit dem Knopfe *I* erweiterbaren Iris ermöglicht. Die ganze untere Iris lässt sich zur Seite klappen, worauf man dann den Condensor an dem Knopfe *k* herunterschlagen und die obere Iris mit Spiegellicht benützen kann. Die obere Iris erweitert der Knopfgriff *i* (Fig. 46).

Diese Einrichtung der Abbe'schen Beleuchtung stellt einen Triumph der Technik des modernen Mikroskopes dar; jedoch sind so complicirte und daher kostbare Einrichtungen meist entbehrlich, so sehr sie den Werth haben, Zeit zu sparen.

Für die meisten Zwecke reicht ein Beleuchtungsapparat hinlänglich aus, der sich in seiner einfachsten Form, wie Fig. 47 zeigt, ohne Blenden — in jedes Stativ mit Cylinderblendung einschieben lässt, wenn man den Blendcylinder herausnimmt. Derselbe besteht aus zwei Linsen und lässt sich während der Beobachtung wie die Cylinderblendung höher und tiefer stellen, wodurch man einen grösseren oder kleineren Beleuchtungskegel, stets aber centrale Beleuchtung erhält. Diese Vorrichtung ist zur Erzielung der Farbenhervorhebung ganz ausreichend, wird auf Wunsch mit einschiebbarer Centralblende (Sternblende) versehen und ist so billig, dass man sie auch zu den kleineren Mikroskopen stets mitbestellen sollte — umsomehr, als alle renommirten Firmen, so insbesondere Reichert, ferner Merker und Ebeling in Wien und fast alle ausländischen Optiker solche Apparate einfachster Construction in ihren Preiscouranten anführen.

Zeiss in Jena und fast alle hiesigen und deutschen Optiker fertigen solche einfache Beleuchtungsapparate auch mit Irisblende an, wodurch sie bis auf ihr Unvermögen, excentrische Beleuchtung zu erzielen, alle Vortheile der mittleren Abbe'schen Apparate bieten.

Bezüglich der Theorie des Abbe'schen Beleuchtungsapparates, muss ich auf die Beschreibung verweisen, welche der Erfinder Dr. Abbe in M. Schulze's „Archiv für mikroskopische Anatomie", IX. Band, Jahrg. 1873, gibt, und will ich mich auf nachstehende Regeln über den Gebrauch dieses Apparates beschränken:

1. Die nach oben gekehrte plane Fläche des Linsensystems soll nur um ein Weniges unter der Tischebene zurückstehen, sodass sie die untere Fläche des Objectträgers beinahe berührt, falls man mit stärkeren Objectiven arbeitet.

2. Für die Beobachtung mit durchfallendem Licht kommen die Blendungsscheiben mit centralen Oeffnungen in Anwendung, und zwar eine engere oder eine weitere Blendung, je nach der Brennweite des angewandten Objetivs, der Beschaffenheit des Präparates und der Intensität der verfügbaren Lichtquelle. — Im Allgemeinen ist stets die engste Blendung zu empfehlen, welche noch genügende Helligkeit gewährt. — Ganz ohne Diaphragma giebt der Condensor stets eine höchst ungünstige Beleuchtung.

Wer natürlich einen Condensor mit Irisblende besitzt, bedarf für die Beleuchtung mit durchfallendem Lichte in der Regel keiner Blendenwechslung, sondern bewirkt die Erweiterung oder Verengerung der Oeffnung der Irisblende durch Schieben an dem Knopfe der letzteren Manche Optiker bringen an der

Iris eine Skala an, auf welcher der Knopf sozusagen als Zeiger spielt und es giebt die Ziffer, auf welche der Knopf hinweist, in Millimetern den Durchmesser der Oeffnung der Irisblende an. Wer keine Irisblende an dem Abbe'schen Beleuchtungsapparat besitzt, muss die Blendscheiben nach Bedarf einlegen.

Um eine Blendung einzulegen oder zu wechseln, wird der Diaphragmenträger um den seitlich stehenden Zapfen nach der Seite hin unter dem Tisch des Mikroskops hervorgedreht und nach vollzogenem Blendenwechsel wieder vollständig zurückgeschlagen. — Der Schieber oder Trieb am Diaphragmenträger dient dazu, die Blendungsöffnung mehr oder weniger weit aus der centralen Stellung herauszubewegen und sie zugleich, nachdem sie excentrisch gestellt ist, um die Achse des Mikroskopes herumzuführen. Durch ersteres erzielt man alle Abstufungen der schiefen Beleuchtung; durch die Drehung, bei welcher der Trieb nur als Hebel benutzt wird, verändert man die Richtung des Lichteinfalls in der schiefen Beleuchtung, sodass er, ähnlich wie dies bei Anwendung des drehbaren Tisches der Fall ist, von verschiedenen Seiten zum Obecte hin stattfindet.

Die centrale Stellung des Diaphragmas, welche die gerade Beleuchtung liefert, wird durch das Einspringen eines federnden Zahnes während der Drehung des Triebes um seine Achse markirt.

3. Zur Beobachtung mit Dunkelfeld-Beleuchtung[1]) dient die sternförmige Centralblende, welche an Stelle der Lochblenden oder der Iris in den Diaphragmenträger eingelegt und stets in centraler Stellung gehalten wird und von der wir oben gesprochen haben. Dabei ist jedoch bei allen Objectiven, mit Ausnahme der schwächsten, eine Reduction der Objectiv-Oeffnung nothwendig oder wenigstens vortheilhaft. Hiezu dienen Blendungen,[2]) welche über der obersten Linse des Objectives eingelegt werden.

Die zu jedem Objectiv gehörige Blendung ist mit der Nummer desselben bezeichnet. — Sie muss jedesmal wieder entfernt werden, wenn das Objectiv zur Beobachtung mit durchfallendem Licht benutzt werden soll.

Objective mit Correctionsfassungen eignen sich zur Verwendung mit Dunkelfeld-Beleuchtung nicht gut, weil sich bei ihnen die Abblendung der Randzone durch ein Diaphragma nicht wohl bewerkstelligen lässt.

Da bei dieser Beleuchtungsweise die wirksamen Strahlen gleichfalls das Präparat durchdringen müssen, so ist sie nicht auf Objecte anwendbar, welche eine undurchsichtige Schicht bilden.

Die Sternblende vermag für durchsichtige Objecte oder auch für undurchsichtige, aber sehr kleine Objecte bei ihrer Verwendung im Abbe'schen Beleuchtungsapparat zum Theile eine Beleuchtung ähnlich wie mit auffallendem Lichte zu bewirken, bei welch letzterer die Objecte, falls man selbe auf einen dunklen Grund bringt (z. B. auf schwarzes Zuckerpapier) ebenfalls hell auf dunklem Grunde erscheinen. Der Name „Sternblende" kommt von der sternförmigen Gestalt dieser Blende, falls sie aus Metall gefertigt ist (vgl. Fig. 40), doch kann man selbe zweckmässig auch aus einer sehr dünnen Glasscheibe machen, auf deren Mittelpunkt man eine entsprechend grosse Scheibe aus undurchsichtigem Papiere klebt; dann entfallen die Speichen. Die Blende mit den Speichen sieht eigentlich wie ein Rad aus, doch ist der Ausdruck „Sternblende" schon eingebürgert.

Die unbedeckte, ringförmige Zone der Glasscheibe (bei der metallenen Sternblende der freie Zwischenraum zwischen den Speichen) gestattet den von dem Condensor von unten auf das Präparat geworfenen Randstrahlen den Durchgang, während die behufs Verkleinerung der lichten Oeffnung über dem Objective in dem Tubus oder in der Objectivfassung anzubringende Iris oder Blendung die Randstrahlen hindert, direct vom Präparate durch das Objectiv

---

[1]) Das Object erscheint dabei hell in dunklem Felde.

[2]) C. Reichert bringt anstatt der Blendungen auf Wunsch eine Iris im Tubus an.

zum Auge zu gelangen. Nur jene Strahlen, welche durch die im Präparate befindlichen Körper durch Brechung oder Beugung derartig aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden, dass sie in das Objectiv gelangen, kommen ins Auge und die betreffenden Körper leuchten hell auf. Auch eine sonstige, sehr excentrische Beleuchtung des Präparates, z. B. ohne Condensor durch extreme Schiefstellung des Spiegels, bei dem Abbe'schen Beleuchtungsapparate durch Verschiebung der Blendscheibe (etwa mittelst des Blendenträgers in Fig. 40 oder durch Drehen am Knopfe *K* des grossen Abbe'schen Beleuchtungsapparates in Fig. 45) treibt durch das Präparat so viele extrem gerichtete Randstrahlen, dass bei Objectiven von nicht zu grosser numerischer Apertur oder künstlich durch Einlegen einer Blendscheibe in den Tubus über dem Objectiv in ihrer Apertur beschränkten Linsensystemen ein ähnlicher Effect, wie bei der Dunkelfeld-Beleuchtung mittelst Sternblende hervorgerufen wird, weil dann direct kein Licht in das Objectiv gelangen kann. Nimmt man als Object an sich farblose Körper, welche aus stark lichtbrechenden Substanzen bestehen, z. B. Kieselpanzer der Diatomeen, welche wir später als Probeobjecte kennen lernen werden, so zeigen sich bei der Dunkelfeld-Beleuchtung herrliche Spectralfarben, ein Beweis, dass die Strahlen, welche von den an sich farblosen Körpern in das Objectiv gelangen, eine Brechung und Beugung erlitten haben.

Früher war auf dem Continente und ist auch noch jetzt in Frankreich, besonders aber in England das sogenannte Wenham'sche Parabolloid in Gebrauch, eine innen spiegelnd polirte Metallröhre mit einem gläsernen, Parabolloid (ein Körper, der durch Rotation einer Parabel um ihre Achse entsteht) dessen Scheitel etwas abgeflacht und mit einer geschwärzten Metallscheibe bedeckt ist. Hier werden durch die polirte Metallröhre die von dem gewöhnlichen Beleuchtungsspiegel kommenden Lichtstrahlen an die Peripherie des gläsernen Parabolloides geworfen und gehen schief auffallend durch das Object hindurch.

Die Wirkung ist eine ähnliche wie die eines Abbe'schen Condensors mit Centralblende (Sternblende), nur dass der Wenham'sche Apparat durch Reflexion wirkt, der Abbe'sche durch Refraction.

4. Beim Gebrauch des Beleuchtungsapparates ist der Regel nach der Planspiegel zu verwenden. Nur beim Beobachten mit ganz schwachen Objectiven, wo der Planspiegel öfters nicht das ganze Sehfeld gleichmässig zu beleuchten erlaubt, verwendet man den Hohlspiegel.

In jedem Falle braucht der Spiegel, nachdem er einmal auf volle Beleuchtung eingestellt ist, beim Wechseln der Diaphragmen nicht verändert zu werden.

5. Soll mit Lampenlicht beobachtet werden, so ist die Anwendung einer möglichst grossen Sammellinse oder einer mit Wasser gefüllten grossen Glaskugel zu empfehlen, um eine gleichförmige Beleuchtung des Sehfeldes zu erzielen, ohne die Lichtflamme allzu nahe an das Mikroskop heranrücken zu müssen. — Man bringt dabei die Linse oder die Glaskugel in solche Stellung zwischen Lampe und Mikroskop, dass ein Bild der Flamme auf dem Planspiegel entworfen wird. Uebrigens kann zur Noth auch der Hohlspiegel allein bei Lampenlicht mit dem Abbe'schen Condensor gute Dienste leisten, wofern die Lampe starkes Licht giebt und nicht zu weit von dem Mikroskope steht, also auch nicht etwa zu hoch ist.

6. Wenn es sich beim Gebrauch von Immersionslinsen um eine möglichst schiefe Beleuchtung oder wenn es sich um Dunkelfeldbeleuchtung unter starker Vergrösserung handelt, ist es vortheilhaft, einen Tropfen Wasser, respective Immersions-Oel auf die Planfläche der obersten Condensorlinse zu bringen, um den Zwischenraum zwischen ihr und der untern Fläche des Objectträgers durch

ein stärker brechendes Medium als Luft auszufüllen, welches dem Brechungsvermögen des Glases entspricht.

§ 42. B. Die Apparate zur Beleuchtung mit auffallendem Lichte.

Wir haben schon bei Besprechung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates der sogenannten sternförmigen Blende gedacht; diese liefert positive Bilder im dunklen Gesichtsfelde. Ist das Object so gross, dass es den von den Randstrahlen durchdrungenen Raum der obersten Linse des Beleuchtungsapparates bedeckt und ist es dabei nicht durchsichtig, so werden die Randstrahlen nicht durchdringen und das Object wird dunkel bleiben; die sternförmige Blende eignet sich also nur für sehr kleine oder für durchsichtige Objecte, ebenso wie der früher viel verwendete Lieberkühn'sche Spiegel auch nur für solche Objecte Verwendung finden konnte. Dieser bestand aus einem metallenen Hohlspiegelchen, welches an das System angeschraubt wurde und dieselbe Brennweite hatte wie das Linsensystem, für welches es bestimmt war. Die neben dem Object oder durch die Randpartien des Objectes vom gewöhnlichen Beleuchtungsspiegel geworfenen Strahlen wurden vom Lieberkühnschen Spiegelchen aufgefangen und auf das Object von oben her concentrirt,

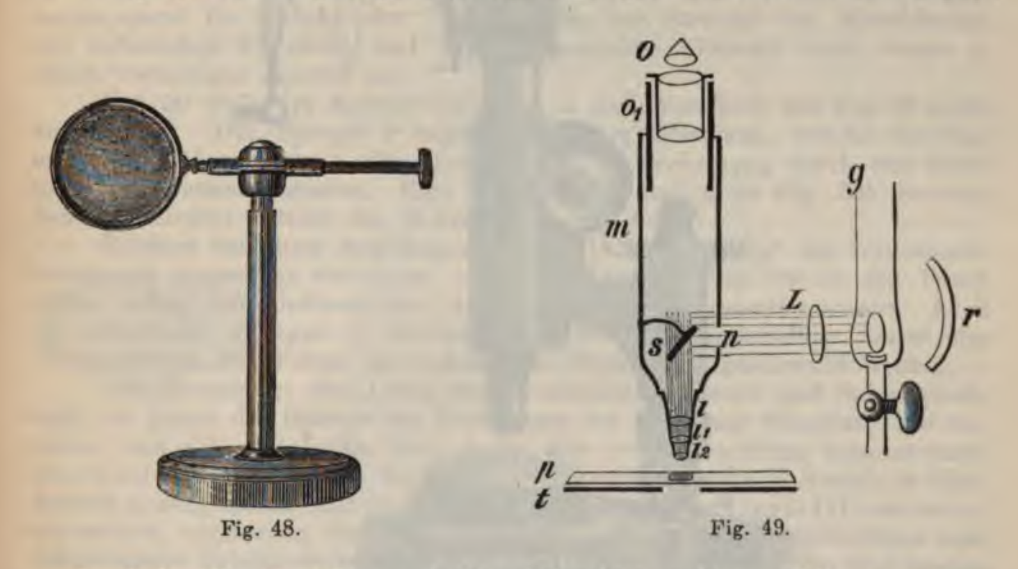


Fig. 48. Fig. 49.

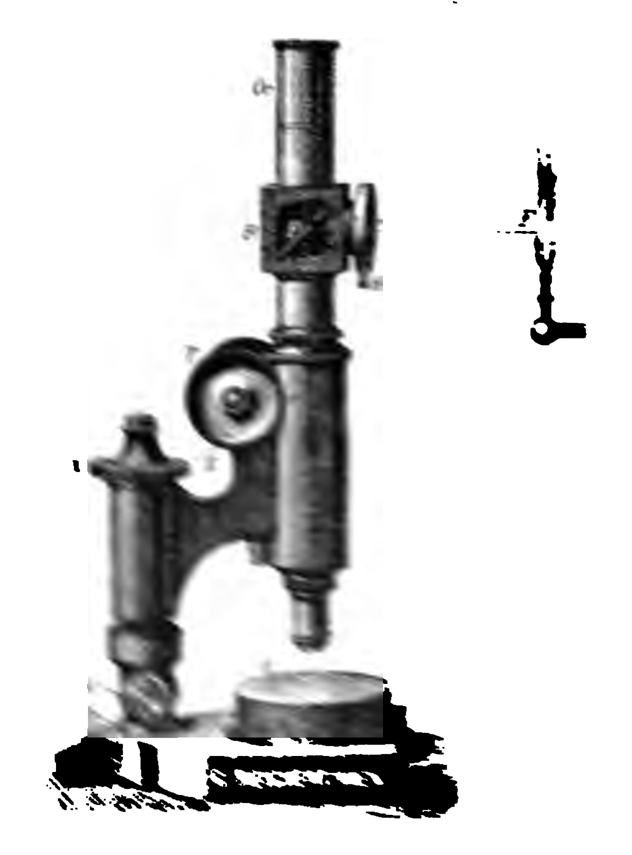
wodurch dasselbe ebenfalls von oben her beleuchtet erschien. Will man grössere und undurchsichtige Objecte bei auffallendem Lichte unter dem Mikroskope betrachten, so legt man sie, je nachdem sie an sich im auffallenden Lichte eine helle oder eine dunkle Farbe aufweisen, die dunkeln auf weisses, die lichten auf schwarzes Papier, resp. bringt solches Papier unter den Objectträger und betrachtet sie unter Ausschluss des von unten kommenden Lichtes mittelst schwacher Systeme; die Lichtstärke der modernen Objective wird hier jeden Beleuchtungsapparat überflüssig machen. Will man jedoch kleinere Objecte mit mittelstarken Objectiven betrachten, wird man sich dabei am Besten einer Beleuchtungslinse bedienen, die entweder am Stative beweglich in Charnieren angebracht oder noch besser auf einem separaten Gestelle zum Höher- und Tieferstellen eingerichtet ist. Eine solche Beleuchtungslinse für opake, d. h. undurchsichtige Objecte zeigt Fig. 48.

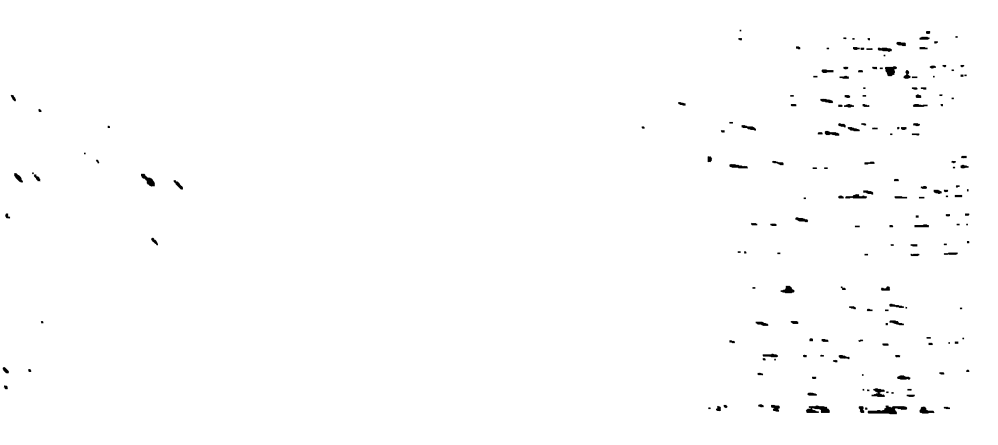
Sie wird so zwischen Fenster oder Lampe und Mikroskop aufgestellt, dass der concentrirte Schein (verkleinertes Bild der leuchtenden Oeffnung oder der Flamme) auf das zu betrachtende Object von oben her, seitlich oder von vorne concentrirt wird. Doch hüte man sich bei Sonnenlicht das Object in

[illegible] Linse zu bringen; die daselbst concentrirten Wärme- [illegible] das Präparat alsbald zerstören.

[illegible] Beleuchtungslinsen hat man früher auch eigenthümliche [illegible] Hohlspiegel verwendet; von letzteren macht Zeiss in der [illegible] dass bei manchem seiner Stative der Beleuchtungs- [illegible] nach Art der Taschenzollstöcke zusammenlegbaren Arm an- [illegible] über den Objecttisch hinaufgebracht und zur Beleuchtung [illegible] verwendet werden kann.

[illegible] gestatten aber blos eine mässige Vergrösserung, [illegible] Gründen [illegible] zu wenig Licht liefern. Man hat





weissem Papier bedeckten Objecttische *t* liegt. Bei *n* ist der Tubus seitlich mit einer circa 1 *cm* im Durchmesser haltenden, durch einen hier nicht abgebildeten tabernakelartigen Schieber verschliessbaren Oeffnung versehen. Gegenüber dieser Oeffnung ist an einem dünnen, geschwärzten Drahte das Spiegelchen *s* angebracht, welches hier um Vieles grösser abgebildet wurde; es soll nicht grösser sein, als circa 4 *mm* im Durchmesser. Dieses plane Spiegelchen, welches den Gang der Strahlen nur wenig beeinträchtigt, empfängt durch die seitliche Oeffnung *n* das mittelst des Reflectors *r* und der Linse *L* sehr concentrirte Licht einer Gaslampe *g* (bei Tag eines gegen die Sonne gerichteten Planspiegels, sogenannten Heliostaten) oder einer anderen starken Lichtquelle und reflectirt es durch die Linsen des Objectives l, l_1 und l_2 auf das Object. Das Auge *o* nimmt nun, von dem Spiegelchen, welches kleiner als die Pupille des Auges ist, unbehindert, das vergrösserte, von oben beleuchtete Bild des Objectes deutlich wahr. Ein leichter Licht-Nebel bei Objectiven mit grösserem Oeffnungswinkel lässt sich durch Einschaltung passender Blenden zwischen Lichtquelle und den Spiegel *s* oder hinter das Objectiv beseitigen.

C. Reichert construirt einen ähnlichen jedoch sehr verbesserten Beleuchtungsapparat für Zwecke der Untersuchung der Structur von Metallflächen (zu technischen Zwecken) und fügt ihn zwischen Objectiv und Ocular in einem viereckigen Kasten ein.

Fig. 50 stellt den Apparat dar. Er ist nach Vergleich mit Fig. 49 leicht verständlich. Der Spiegel *P* besteht aus einer Glasplatte, welche unbelegt und unter 45° geneigt ist. Die Flamme *F* wird zweckmässig durch eine Auer'sche Glühlichtlampe ersetzt. Eine Irisblende *S* (vgl. § 38 Fig. 35) gestattet den Lichteintritt mittelst des Hebels *H* zu modificiren.

Reichert hat unter dem Namen „Metall-Mikroskop" das vorgenannte Instrument neuerdings verbessert, indem die Linse *L* (Fig. 50) in den Tubus selbst verlegt und dadurch das Ganze compendiöser gestaltet wurde. Auch die Irisblende verlegte C. Reichert neuester Zeit unmittelbar hinter das Zwischenstück des Tubus, an welches die Objective angeschraubt werden.

Die Focuslänge der Linse, welche zwischen Objectiv und Spiegelplatte liegt, ist gleich der Summe der Entfernung der Linse zur Glasplatte und von dieser zum Objecte[1]). Die Idee dieser Art von Beleuchtung stammt nach Harting von Hewitt aus dem Jahre 1860, wurde von H. J. Smith in Ohio, Amerika, aufgegriffen und von Zeiss in seinem Vertical-Illuminator verwerthet, welcher an Stelle des Spiegels ein entsprechend geschliffenes total reflectirendes Prisma verwendet, doch fehlt diesen Apparaten die Modification der Beleuchtung durch Linse und Blendung, welche C. Reichert seinem Metallmikroskop beigiebt und erhält man mit letzterem erfahrungsgemäss nebelfreiere Bilder als mit Zeiss' Vertical-Illuminator.

An diese Arten von Beleuchtungsapparaten könnten vom Standpunkte der Systematik auch jene angeschlossen werden, welche dem Objecte polarisirtes oder auf spectroskopischem Wege monochromatisch gemachtes Licht zusenden; da jedoch diese besonderen Zwecken, welche an dieser Stelle noch nicht erörtert werden können, dienen, so wollen wir sie an anderer Stelle, weiter unten, besprechen.

Wir haben nun in kurzen Zügen die Beleuchtungsapparate, scilicet die optischen, am Mikroskope selbst angebrachten oder ihm zugehörigen geschildert. Von den Beleuchtungsapparaten im gewöhnlichen Sinne, das heisst von den Beleuchtungsbehelfen als da sind: Heliostaten, Lampen und dergleichen werden wir, um Wiederholungen zu vermeiden, erst bei Besprechung der Einrichtung des Mikroskopir-Zimmers handeln. Nur das eine wollen wir gleich hier sagen, dass für die meisten Zwecke **bei Tag** das Licht eines auf ein

[1]) Zeitschrift für Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene und Waarenkunde, Jahrg., 1897 Nr. 22, Seite 374.

besonntes Haus oder den wolkenbedeckten Himmel gehenden Fensters, bei Nacht oder an sehr trüben Tagen der Schein einer guten Petroleum- oder Gaslampe mit gleichmässig matter, enganschliessender Lampenkugel vollständig genügen.

Und nun wollen wir einige mehr zur Bequemlichkeit dienende, als unbedingt notwendige Neben- und Hilfsapparate des Mikroskopikers betrachten.

Bequemlichkeits-Einrichtungen am Mikroskope.

§ 43. [illegible] die Figur 45 [illegible] diesem Buche genau betrachten, [illegible] unbekannt oder doch nicht in dieser [illegible]

[illegible] dass [illegible] im § 38 besprochene [illegible] Lage fixiren lässt, was für manche [illegible]

[illegible] zwei auf ein- [illegible] Revolver-Einrichtung [illegible] Betrachtung [illegible]

[illegible]

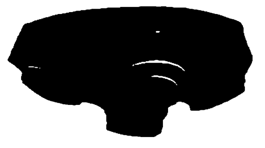


Fig. [illegible]

[illegible]

gerade in die optische Achse des Mikroskopes fällt, in eine Vertiefung einschnappt, sichert die gegenseitige centrische Stellung der oberen Oeffnung und der Oeffnungen in der unteren Scheibe.

Etwas einfacher gestaltet ist der in Fig. 52 an einem kleinen Mikroskope von C. Reichert angebrachte Revolver für 2 Objective; er besteht aus 2 eigenthümlich gebogenen Metallstücken, wovon das obere an den Tubus



Fig. 52.

angeschraubt und das untere beweglich ist. Wir werden weiter unten, sobald wir einige moderne, vollständig adjustirte Mikroskope hiesiger und deutscher Fir:en Revue passiren lassen werden, noch öfter der Revolvereinrichtung begegnen; jedes vollständigere moderne Mikroskop pflegt mit dieser Einrichtung ausgestattet zu werden.

Soll aber ein solcher Revolver sich praktisch bewähren, ist es nothwendig, dass die verschiedenen Brennweiten der verwendeten Systeme durch Zwischenstücke abgeglichen sind, damit, wenn man das schwächste System einstellt und einen Gegenstand im Gesichtsfelde hat, man nur den Revolver zu drehen braucht, bis die Feder einschnappt, um sofort ohne weitere grobe Einstellung denselben Gegenstand im Gesichtfelde eines anderen Ob-

[illegible] Man hat die Systeme 3. 6. 9 am Revolver: [illegible] von 17·5 [illegible] 6 eine solche von 4·2 und [illegible] Differenzen dadurch ausgleichen. [illegible] System 6 ein Zwischenstück [illegible] System [illegible] von 4·2 — 1·85 [illegible] Zwischenstück [illegible] Differenz zwischen [illegible] Differenz erzielt.

[illegible] das System 8 auf [illegible]

Man wendet nach Fucs' Vorgang, dann zum bequemeren Wechseln der Objective ausser dem Zeiss'schen Schlitten auch den sogen. Zangen-Objectivwechsler an.

Fig. 53 zeigt einen solchen, auch mit dem Namen „Objectivklammer" bezeichneten Hilfsapparat von Ludwig Merker in Wien. Er besteht im Wesen aus einer federnden Zange, deren eine Wange das Normalgewinde oder die society-screw (Vgl. § 19) trägt und an den Tubus angeschraubt wird, während die zweite Wange der Zange, wie aus der Figur hervorgeht, das mit einem tellerförmigen Zwischenstück versehene Objectiv bei einem Drucke aufnimmt und an die zweite, am Tubus angeschraubte Wange concentrisch zum Tubus andrückt. Das Wechseln der Objective erfolgt also hier durch Einlegen der einzelnen Objectivsysteme in die durch Druck geöffnete Zange.

Es können auch am Zeiss'schen Schlitten und am Zangen-Objectivwechsler Objective verwendet werden, welche mit Zwischenstücken versehen sind, um die Brennweiten-Unterschiede für die Einstellung auszugleichen, wie wir solche beim Revolver-Objectivwechsler kennen gelernt haben.

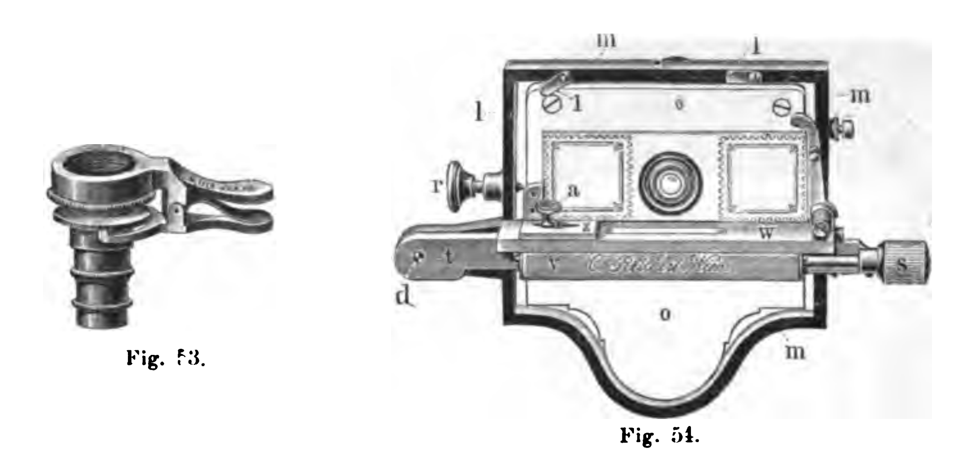


Fig. 53.

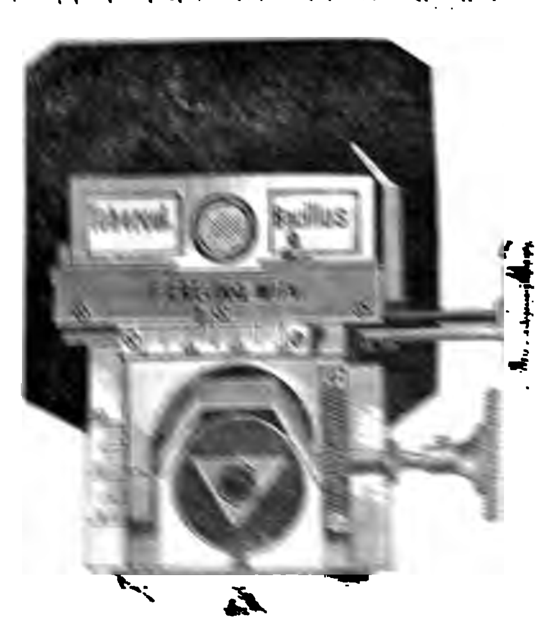
Fig. 54.

Einen Ocularrevolver haben englische Firmen schon vor Jahren construirt. Neuerdings hat Ed. Messter an seinem grossen Universal-Bacterien-Mikroskop einen solchen, weiter oben in Fig. 38 bei *OR* ersichtlich, angebracht, dessen Construction sich aus der Figur ergiebt. Ebeling in Wien verbesserte diesen Ocularrevolver, indem er die plane Scheibe Messter's durch objectiv-revolverartige, halbkugelförmige Scheiben ersetzte, wodurch die nicht gerade benützten, am Ocularrevolver steckenden Oculare den Beschauer weniger geniren, als wenn sie in einer Ebene stehen. Auch ein Ocularrevolver erhöht ausserordentlich die Raschheit des Arbeitens, spart also Zeit und macht das ganze Instrument compendiöser.

§ 44. Eine andere Bequemlichkeits-Vorrichtung ist der bewegliche Objecttisch, d. h. ein Objecttisch, der gestattet, das Object — statt mit der blossen Hand — mit einer mechanischen Vorrichtung, d. h. Schrauben oder Zahn und Trieb, unter dem Objective durch das Gesichtsfeld zu bewegen. Solche Objecttische waren namentlich in England schon seit Jahrzehnten üblich. In Deutschland war man jedoch nicht besonders geneigt, dies kostspielige Hilfsmittel anzuwenden. Plössl in Wien und Merz in München haben Mitte dieses Jahrhunderts begonnen, ihre grossen Stative mit in zwei aufeinander senkrechten Richtungen beweglichen Objecttischen zu versehen, seither hat man zu diesem Behufe mancherlei Vorrichtungen erdacht, angewendet und als überflüssig wieder verworfen, bis es neuerdings zuerst Zeiss in Jena gelang, einen Objecttisch zu construiren, bei dem das Präparatglas (Objectträger)

unmittelbar auf der Tischplatte") in zwei rechtwinklig zu einander stehenden Richtungen verschiebbar und um die optische Achse des Instrumentes drehbar ist. Solche Vorrichtungen, die namentlich beim Aufsuchen von tadellosen Stellen in Präparaten, behufs deren Photographie, sehr bequem sind — verfertigen in Wien Herr Carl Reichert sowie Herr Ebeling und auch L. Merker in grosser Vollkommenheit und richten ihre neueren grossen Stative eigens für eine solche Tischbewegung ein, welche für photographische Zwecke sehr empfehlenswerth ist. Für die meisten nichtphotographischen Zwecke reicht aber die gewöhnliche Objecttischdrehung (vgl. § 38) sammt Obertheil vollkommen aus und es bedarf zur grösseren Bequemlichkeit blos einer rechtwinkligen Verschiebung.

[illegible] Weise ermöglicht der in Fig. 54 abgebildete, bewegliche [illegible] Objecttisch eine Verschiebung in zwei aufeinander senkrechten Richtungen [illegible] und mittleren Stativen angebracht werden [illegible] selten vorkommt, einen gar [illegible] der Schraube *r* mit der [illegible] des Objecttisches ver- [illegible] sich dann gleich [illegible] den Mikroskop- [illegible] der Rahmen ist in der [illegible] bezeichnet. Die [illegible]



[illegible]

Die Theilung dient dazu, ein Object in e'nem Präparate, z. B. eine Krystallgruppe in Pflanzenquerschnitten, eine Bacteriengruppe und dgl., rasch wiederzufinden. Dreht man an den Knöpfen *d* und *e* so lange, bis man das gewünschte Object in der Mitte des Gesichtsfeldes hat und merkt sich an den Scalen die Zahl, auf die der Index hinweist, so wird man, wenn man das Präparat nicht aus den Klammern der Bewegungsvorrichtung herausnimmt, auch nach Durchmusterung des ganzen Präparates leicht jene Stelle, die man vorhin bemerkenswerth gefunden, sofort wieder in's Gesichtsfeld bekommen, sobald man die Knöpfe *d* und *e* so lange dreht, bis wiederum die vorher angemerkten Zahlen vom Index angezeigt werden.

Zum Ueberfluss hat auch noch der Rand der Schraube *e* eine Theilung mit Nonius, welcher Verschiebungen von $^1/_{100}$ Millimeter abzulesen gestattet. Das Präparat wird durch einen Druck auf den Knopf *a* fixirt oder aus der Vorrichtung entfernt und bewegt sich unmittelbar auf der Tischplatte, was mit Rücksicht auf den regelmässigen Gebrauch des Abbe'schen Beleuchtungsapparates, welcher bei rationeller Anwendung zur Isolirung des Farbenbildes (vgl. § 41 Regel 1) mit der Planfläche der oberen Planconvexlinse an der unteren Fläche des Objectträgers aufliegen soll — wichtig ist.



Fig. 56.

L. Merker in Wien hat einen ähnlichen Objecttisch (Fig. 56) construirt, bei welchem die Theilung des Randes am Knopfe fehlt, die beiden anderen Orientirungstheilungen jedoch vorhanden sind, so dass die Orientirung des Objectes möglich ist. Dabei hat dieser bewegliche Objecttisch den wesentlichen Vortheil, dass die beiden Knöpfe, welche die Bewegungen in zwei zu einander senkrechten Richtungen besorgen, in einer Achse liegen, so dass man, um das Object zu orientiren, nicht erst von einem Knopf zum anderen herumgreifen muss.

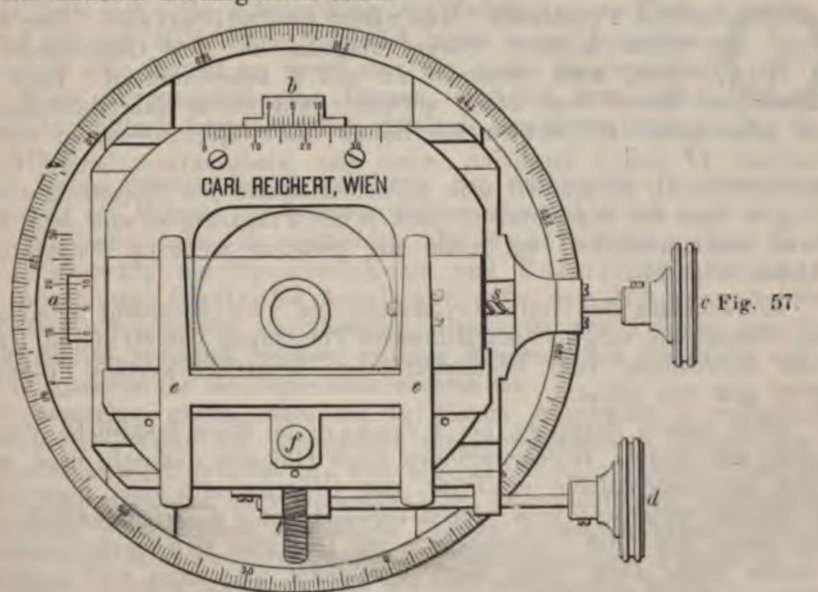


Fig. 57.

Figur 57 stellt einen neuen beweglichen runden Objecttisch von C. Reichert in Wien vor, welcher auch eine Umdrehung der Tischplatte für sich (also nicht mitsammt dem Tubus wie bei dem grossen Stative,

[illegible] § 38 beschrieben und in Fig. 33 abgebildet haben) gestattet. [illegible] für Zwecke der Winkelmessung, ferner um überhaupt [illegible] des Präparates um die optische Achse controlliren zu können, mit [illegible] versehen und diese Platte dreht man nach Wunsch blos [illegible] Bezifferung, welche an ihrer Peripherie angebracht ist, wie man [illegible] sehen kann.

Die Knöpfe c und d gestatten die in zwei aufeinander senkrecht stehenden [illegible] durchführbare Verschiebung des mittelst der doppelt T-förmig [illegible] Klammer[1] fixirten Präparates und die Scalen a und b gestatten [illegible] die Grösse der Verschiebung abzulesen, sondern auch bestimmte [illegible] im Präparate wieder aufzusuchen, indem man sich den Stand der [illegible] Scalen notirt, wenn die betreffende Stelle gerade unter dem Objectiv [illegible] des Gesichtsfeldes sich befindet und falls man diese Stelle wieder [illegible] will, einfach die Knöpfe c und d solange verschiebt, bis die Scalen [illegible] wieder den früheren Stand zeigen.

Deshalb nennt man so eingerichtete Objecttische auch „Finder".

Die ganze Vorrichtung zum Wiederfinden beruht auf dem Principe, dass durch zwei Coordinaten[2]) jeder Punkt in der Ebene genau orientirt erscheint



Fig. 58.

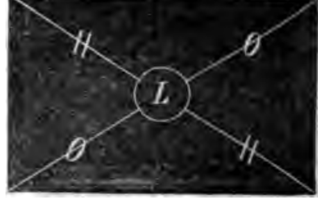


Fig. 59.

§ 45. Auf demselben Principe beruhen andere, billigere Vorrichtungen zur Erleichterung des Wiederfindens einmal besichtigter interessanter Stellen in ausgedehnteren Präparaten. Man nennt sie **Indicatoren**. Der einfachste besteht aus einem Kreuze, welches diagonal auf dem Objecttische gezogen und mit Zeichen, zum Beispiele *H* und *O* bezeichnet ist. Legt man das Präparatglas darauf und notirt entweder mit einem Schreibdiamanten oder einer Glasätztinte die Stellen am Rande des Objectträgers, an welchen die Diagonale *H* und *O* erscheint, wenn das wiederaufzusuchende Object im Gesichtsfelde ist, so braucht man nächstesmal nur den Objectträger wieder so zu legen, dass die bezeichneten Marken am Präparatglas mit dem Diagonal-[illegible] zusammenfallen, um leicht die gesuchte Stelle im Präparate wieder-[illegible] (Fig. 59).

[illegible] andere Art Indicator besteht aus zwei senkrecht aufeinander auf [illegible] eingravirten Millimeter-Theilungen von 80 und 60 *mm* Länge. [illegible] Verwendung zum Wiederaufsuchen bemerkenswerther Präparatstellen [illegible] von selbst.

[illegible] andere derartige, bei **Reichert** in Wien erhältliche Vorrichtung [illegible] das leichte Wiederauffinden eines Objectes dadurch, dass, wenn das Object im Gesichtsfelde erscheint, das Objectiv mit einer eigenthümlichen Vorrichtung vertauscht wird, durch deren Drehung die wiederzufindende Stelle durch einen mit einer Diamant-spitze am Deckglas sich verzeichnenden Kreis, in deren Mitte diese Stelle liegt, bezeichnet und dann weit leichter aufgefunden werden kann.

[1]) Diese Klammer [illegible] der [illegible] Schraube f entfernt werden, wenn man Schalen, Uhrgläser und dergleichen auf den Objecttisch bringen will.

[2]) Eine „Ordinate" und eine auf dieselbe senkrechte „Abscisse".

Diese Vorrichtung besteht aus einer Objectivsystemfassung (ohne Linsen), an welcher statt der Frontlinse ein gleich einem äusserst kleinen Cirkel um die optische Achse in kleinstem Kreise herumzuführender Diamant angebracht ist. Stellt man unter einem starken Objectiv die zu bezeichnende Stelle im Präparate in der Mitte des Gesichtsfeldes ein, schraubt dann an Stelle desselben die Markirvorrichtung an und lässt dieselbe rotiren, so wird der Diamant auf dem Deckglase, welches natürlich unverrückbar (durch Lack oder Kitt etc., wie wir später hören werden) mit dem Objectträger verbunden sein muss — einen kleinen Kreis beschreiben, innerhalb welchen Kreises dann die gesuchte Stelle liegt und lässt sich dieselbe dann leicht durch Verschieben des Präparates, bis man die Diamantritzer des Kreises wieder findet, ein andermal aufsuchen. Aehnliche Apparate, bei welchen die Markirung mit Stempelfarbe, Tinte und dergleichen geschieht, sind minder empfehlenswerth, da sie bei Reinigung des Präparatglases leicht weggewischt werden können. Koltzoff in Moskau und Ivanoff in Petersburg empfehlen, wie in der Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikrosk., 1898, XV., S. 3 zu lesen ist, das Fixiren einer bestimmten Stellung des Präparates durch Messung des Abstandes von zwei Kanten des Objectträgers, wobei die linke und die hintere Kante zu wählen sind, weil diese bei den verstellbaren Tischen die unbeweglichen Ränder des Rahmens berühren. Ich finde diese Methode zu umständlich und bei geschickter Handhabung eines verstellbaren Tisches überflüssig, gehe daher auf dieselbe nicht ein.

§ 46. Um anderen Personen im Gesichtsfelde eine bestimmte bemerkenswerthe Präparatstelle zu zeigen, dazu dient ein in das Ocular einlegbarer und feststellbarer Ring mit Nadelspitze. Man sieht das Object und darüber die Spitze, und verschiebt das Object so lange, bis die bemerkenswerthe Stelle scheinbar an die Nadelspitze ansteht, so dass diese, wie ein Zeiger, auf die merkwürdige Stelle hinweist. Nun ruft man die andere Person herbei und lässt sie mit dem Bemerken in's Mikroskop blicken, dass die Spitze der Nadel auf die gemeinte Stelle hinweist. Fig. 60 zeigt einen solchen Ring *r* mit der Spitze *s*.

Dass man sich einen solchen Ring mit Nadelspitze aus Kork, Pappe und dgl. mit Hilfe einer Nähnadel leicht selbst herstellen kann, leuchtet ein. Gut ist es, wenn man die ganze Ringvorrichtung an einer Terpentinölflamme berusst, nachdem man selbe vorher mit Asphaltlack bestrichen hat, damit sie eine mattschwarze Färbung erhält.

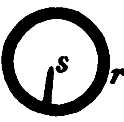


Fig. 60.

Wir haben hiemit die Besprechung der wichtigsten Bequemlichkeits-Vorrichtungen am Mikroskope beendet und erwähnen hier nur nochmals, dass wir, um Wiederholungen zu vermeiden, die Messinstrumente im Abschnitte „Messen", die Spectroskope und Polarisationsapparate in dem Abschnitte „Optische Analysen unter dem Mikroskope" behandeln und dass wir nunmehr im nächsten Abschnitte von Prüfung und Kauf eines Mikroskopes sprechen werden, welcher Abschnitt mit Rücksicht auf die vielfache Concurrenz für Anfänger sehr wichtig ist.

Wir bemerken gleich, dass wir in diesem Abschnitte in vollkommen unparteiischer Weise die Erzeugnisse der renommirtesten Firmen des In- und Auslandes, soweit solche uns aus eigener Wahrnehmung bekannt sind, besprechen, dabei aber besonders die österreichischen Mikroskoperzeuger, welche Vortreffliches zu billigen Preisen liefern, berücksichtigen und schliesslich einige Mikroskope deutscher und österreichischer Firmen in Wort und Bild Revue passiren lassen werden, wie wir versprochen haben.

Auswahl und Prüfung eines Mikroskopes.

§ 4. Der Verfasser dieses Leitfadens wird es niemals vergessen, welches [illegible] als er einst in einer Landkramerei in Mähren [illegible] beobachten konnte, welcher sich eine Pfeife kaufte. Welche [illegible] gewann er diesem einfachen Rauchrequisit ab, [illegible] zur Auswahl vorgelegten Stücke, wie [illegible] und Chemnitzerpfeifen zu sehen. [illegible] zu kaufen! Die genaue Kenntnis [illegible]

[illegible]

schaffe ich mir an. Unter mehreren gleichen Instrumenten das bessere, sowohl was den mechanischen als was den optischen Theil anbelangt, auszusuchen, ist dann Sache der Auswahl im engeren Sinne des Wortes also der Prüfung der Stative sammt Nebenapparaten, sowie der Objective.

Was die Frage der Auswahl bezüglich der Firmen anbelangt, so ist man heute in Oesterreich nicht mehr auf das Ausland angewiesen, wie einst, es gibt in Wien, aber auch nur in Wien einige ganz vorzügliche Mikroskopverfertiger, dennoch kommen noch viele deutsche Mikroskope nach Oesterreich, da das Renommê der, seitdem die weltberühmte Pariser Firma Hartnack im Jahre 1871 nach Potsdam bei Berlin übersiedelte und insbesondere seitdem der grosse Optiker Zeiss in Jena im Verein mit den Glasfabrikanten Schott & Genossen in Jena die genialen Ideen des Dr. Abbe ausführte, als Meister im Mikroskopmachen auf der ganzen civilisirten Erde geltenden Deutschen durch die zumeist in Deutschland verlegten Werke über das Mikroskop über Bacteriologie und dgl. auch in unserer Monarchie überwiegend wurde. Obgleich nun wissenschaftliche Instrumente zollfrei sein sollten, werden dieselben von unserer Zollbehörde, sobald sie nicht an öffentliche Anstalten adressirt sind, als Instrumente schlechthin classificirt und ein ziemlich hoher Zoll eingehoben.

Ich habe einst durch einen Bekannten aus Paris von dem renommirten Schüler Hartnack's, Herrn Verick, ein recht gutes kleineres Instrument bezogen, war aber nicht wenig überrascht, an Zoll und Spesen 6 fl. 50 kr. bezahlen zu müssen, wobei allerdings das politirte Mahagoni-Etui als Holzwaare und der bei Verick übliche seidenüberzogene Polster im Deckel des Holzkastens als „feine Seidenwaare“ verzollt werden musste!

Trotz dieses hohen Zolles ist jedoch die Mikroskopindustrie in Oesterreich ausserhalb Wiens fast gleich null und zwar, weil es trotz der Zollschranken die deutsche Concurrenz bisher verhindert hat, dass in Oesterreich-Ungarn sich wie in Deutschland, auch in der Provinz tüchtige Mikroskop-Verfertiger niedergelassen haben. Nicht einmal in den Universitätsstädten Prag, Graz, Innsbruck und Czernowitz ja auch nicht in dem so sehr aufstrebenden Budapest existiren selbständige Mikroskop-Erzeuger und ist man also diesfalls nicht nur in Cisleithanien, sondern auch in Transleithanien auf Wien angewiesen, will anders man die Mikroskope nicht aus dem Auslande beziehen.

In Wien gab es schon im Jahre 1830 eine weltberühmte Werkstätte: es war jene des Simon Plössl, aus welcher Mikroskope hervorgingen, die für die damalige Zeit einen grossen Fortschritt darstellten. Hatte man doch trotz aller Fortschritte in der Achromasie noch in vielen Gelehrtenkreisen damals eine Abneigung gegen das zusammengesetzte Mikroskop und gebrauchte mit Vorliebe stark vergrössernde Stativ-Loupen!

Später schloss sich die Firma Simon Plössl & Cie. in Wien leider nicht sofort den Fortschritten an, die in Bezug auf Construction handlicher, nicht zu hoher Stative und stärkerer, gut auflösender Systeme aus Paris von Hartnack ausgiengen und durch die bekannte Handelsfirma Lenoir & Forster, welche damals Generalvertreterin Hartnack's war, in Oesterreich raschen Eingang fanden.

Die mit den Hartnack'schen Objectivsystemen nach Oesterreich gelangten Probeobjecte, namentlich das von dem bekannten Präparator Bourgogne in Paris zuerst in Massen in die Welt verbreitete Probeobject „Pleurosigma angulatum“, eine in der Nordsee und Ostsee lebende Schiffchenalge, deren Kieselpanzer bei schiefer Beleuchtung eine feine Streifung, bei stärkerer Vergrösserung eine deutliche Schraffirung und bei stärkster sechseckige Felder zeigt, wenn man sie durch ein gut auflösendes System betrachtet

— liessen sich von den damaligen Plössl'schen Objectiven, so vortrefflich dieselben auch in Bezug auf Begrenzungsvermögen sein mochten — nicht auflösen, während mehr oder weniger jedes stärkere Hartnack'sche System schon damals diese Aufgabe bewältigte.

So kam es, dass die Firma Hartnack in Paris alsbald in Oesterreich und dem Oriente, welcher damals noch in Handelsfragen an Frankreich und Oesterreich sich anhielt — eine dominirende Bedeutung erlangte und noch lange erhielt, nachdem schon die Firma S. Plössl & Co. in andere Hände übergegangen war. Dieser Uebergang erfolgte nach dem in Ausübung seiner Kunst erfolgten Tode des berühmten S. Plössl und Herr Wagner, [1]) k. k. Hofoptiker, welcher in den Besitz der Plössl'schen Anstalt gelangte, hat sich den Bedürfnissen der neueren Mikroskopie in allen Stücken alsbald angepasst. Ich selbst habe bei ihm eine Wasserimmersion versucht, welche das Prädicat „ausgezeichnet" verdient. Auch die Stative dieser Firma sind zweckentsprechend und die kleineren recht wohlfeil, die grossen mit einer eigenthümlichen Hebelvorrichtung an Stelle von Zahn und Trieb behufs grober Einstellung versehen. Freilich ist Herr Wagner weniger ein Specialist in gewöhnlichen Mikroskopen gewesen, sondern fertigte hauptsächlich Projectionsapparate nach Art jener an, wie solche der Wiener Professor der Pathologie Stricker zur objectiven Darstellung histologischer Präparate und physiologischer sowie insbesondere pathologischer Vorgänge vor einem grossen Auditorium verwendet hat. (Elektrische Episkope und Projections-Mikroskope). Auch Herr Jirasko jun. in Wien (Margarethenstrasse) leistete, wenn er auch, so wenig wie Herr Franz Wagner, den Schwerpunkt seiner Thätigkeit in die Erzeugung von Mikroskopen verlegte, recht Anerkennenswerthes in der Herstellung mittlerer und kleiner Mikroskope; die Jirasko'sche Werkstätte gehört zu den ältesten optischen Ateliers in Wien!

Ebenfalls eine ältere Firma, welche früher Mikroskope fertigte, ist die Firma Carl Fritsch (vormals Prokesch) VI., Gumpendorferstrasse 31; diese befasst sich aber nicht mit dem Machen von Mikroskopen, sondern fertigt hauptsächlich Fernrohre; wohl aber sind in dem Etablissement eines Verwandten der obigen Firma, beim k. k. Hof- und Universitäts-Optiker Franz Fritsch, vis-à-vis dem Krankenhause in der Alserstrasse, recht gute Mikroskope zu haben und zwar auch solche grösster Gattung, welche Herr Franz Fritsch von guter Hand herstellen lässt.

Alle vorgenannten Firmen sind derzeit in den Händen geborener Wiener, also echter Oesterreicher und mit echt österreichischer Gemüthlichkeit liessen sie es geschehen, dass seit 1870 die meisten Instrumente öffentlicher Untersuchungsanstalten und Universitätsinstitute vom Auslande her und zwar meist von Hartnack bezogen wurden, ohne den Versuch zu machen, dieser allerdings nicht zu verachtenden Concurrenz durch Einsatz aller Kräfte in einer Zeit, in welcher die Trichinen- und Bacterienfurcht gerade die Mikroskopfabrication zu einem lucrativen Erwerbszweige machen musste, die Spitze zu bieten. Deshalb ist auch heute noch die Zahl der in unserem Vaterlande und in Ungarn bei Instituten und Privaten in Gebrauch stehenden Hartnack'schen Mikroskope Legion! Alle damals ihre Studien in Wien vollendenden Mediciner, Botaniker und Zoologen nahmen eben aus den Universitätsinstituten, wo sie keine anderen Mikroskope zu Gesicht bekamen, als Hartnack'sche, das Vorurtheil in ihre practische Thätigkeit mit sich, dass es eben nur Hartnack'sche Mikroskope seien, welche zu wissenschaftlichen Arbeiten taugen.

Mittlerweile waren in Deutschland neben Hartnack in Potsdam nicht nur ältere strebsame Firmen, wie Merz (Frauenhofer's Nachfolger) in München,

[1]) Herr Wagner ist seither auch verstorben, die Firma besteht jedoch weiter fort.

Schieck in Berlin u. a. eifrigst bemüht, aus dem durch Hartnacks Berühmtheit nunmehr nach Deutschland, sowie früher nach Frankreich und England gravitirenden Zuge der Mikroskopkäufer Nutzen zu ziehen, indem sie trachteten, Mikroskope herzustellen, welche den Hartnack'schen ebenbürtig waren, sondern es etablirten sich neue Firmen, wie Carl Zeiss in Jena, der damals, wo sie blos kleinere Mikroskope verfertigte, noch nicht anzusehen war, welche Rolle sie in der mikroskopischen Technik zu spielen berufen sein werde, wie Seibert und Krafft in Wetzlar, welche Firma zuerst neue, dem Fortschritte der modernen Metallindustrie angepasste Arbeitsmethoden einführte und dadurch eine Verbilligung der Erzeugnisse bei gleich vorzüglicher Qualität ermöglichte, ferner wie Leitz (ebenfalls in Wetzlar) und Winkel in Göttingen, welche starke und stärkste Objectivsysteme von vorzüglichster Leistung zu civilen Preisen auf den Markt brachten.

Auch dieser wachsenden Concurrenz gegenüber zeigten sich die eingeborenen Wiener Mikroskopverfertiger phlegmatisch und wer damals in Wien rasch ein Mikroskop haben wollte, welches dem Fortschritte der Naturwissenschaften entsprach, musste zu der schon oben erwähnten, das Hartnack-sche Haus vertretenden Handlung naturwissenschaftlicher Behelfe Lenoir & Forster gehen. Auch die Weltausstellung im Jahre 1873 änderte an diesem Verhältnisse nichts, im Gegentheil, die berühmten medicinischen Capacitäten der Wiener Klinik lernten das Uebergewicht des Auslandes gegenüber dem Inlande auf diesem Gebiete noch mehr kennen. Oppolzer z. B. arbeitete mit einem englischen Instrumente! Verklungen war der Ruhm Plössl's und die ofenröhrenartigen, ungeschickt hohen Stative dieser Firma wurden bald nur mehr aus Pietät von einigen älteren Academikern benützt. Im Jahre 1878, also volle fünf Jahre nach der Weltausstellung, kam der blutjunge Schwiegersohn des Herrn Leitz in Wetzlar, Herr Carl Reichert nach Wien und mit seiner Etablirung begann ein Aufschwung in der Wiener Mikroskoperzeugung, wie man ihn bei Betrachtung der damaligen Verhältnisse nicht für wahrscheinlich gehalten haben würde.

Schon im ersten Jahre seiner Etablirung, 1878, erhielt Reichert, der sich gleich seinem Schwiegervater Leitz in Wetzlar in Form und Leistung frühzeitig an die damals erste Firma Hartnack angeschlossen hatte, auf der Weltausstellung in Paris die goldene Medaille.

Seither ist Carl Reichert (VIII. Bennogasse 26) stets dem Fortschritte treu geblieben und hat sich neuerdings dadurch, dass er die Zeiss'schen Errungenschaften, namentlich die Apochromasie, benützte — ein grosses Verdienst um die österreichischen Mikroskopiker erworben. Man erhält bei Reichert complete, in ihrer Art mustergiltige Instrumente von 27 fl. bis 2000 fl. ö. W.

Wir werden auf diese grösste Mikroskopfirma des Ostens überhaupt im Verlaufe unserer Darstellung oft zurückkommen.

Nicht nur dass C. Reichert's Erfolge die schon bestehenden älteren Wiener optischen Institute anspornten, sich den Bedürfnissen der neueren Mikroskopie anzupassen, veranlassten sie, dass einige der von Herrn C. Reichert aus dem deutschen Reiche herangezogenen tüchtigen Arbeiter sich selbstständig etablirten. Es waren dies Herr Ludwig Merker, Fritz Ebeling und Zuberbühler. Während sich der Letztgenannte, welcher sich im Ultzmann'schen Palais in der nächsten Nähe der neuen Universität und der Kliniken etablirt hatte, aus finanziellen Gründen nicht zu halten vermochte, begründeten L. Merker und F. Ebeling die Firma Merker & Ebeling, um sich jedoch alsbald wieder zu trennen.

Ebeling verblieb XVII Hernalsergürtel Nr. 2, während **Merker** sich in der Josefstadt, Buchfeldgasse Nr. 19 eine eigene Werkstätte gründete.

Nicht nur dass diese Firmen namentlich die Bedürfnisse der mit nicht [illegible] Geldmitteln ausgerüsteten Privatpersonen und Institute in [illegible] Masse berücksichtigen, sind dieselben ausserdem bestrebt, die [illegible] Fortschritte der Optik in nutzbringender und dabei möglichst wohlfeiler Weise [illegible]

[illegible] im wahren Sinne [illegible] dass wir deren [illegible] und selten etwas [illegible]

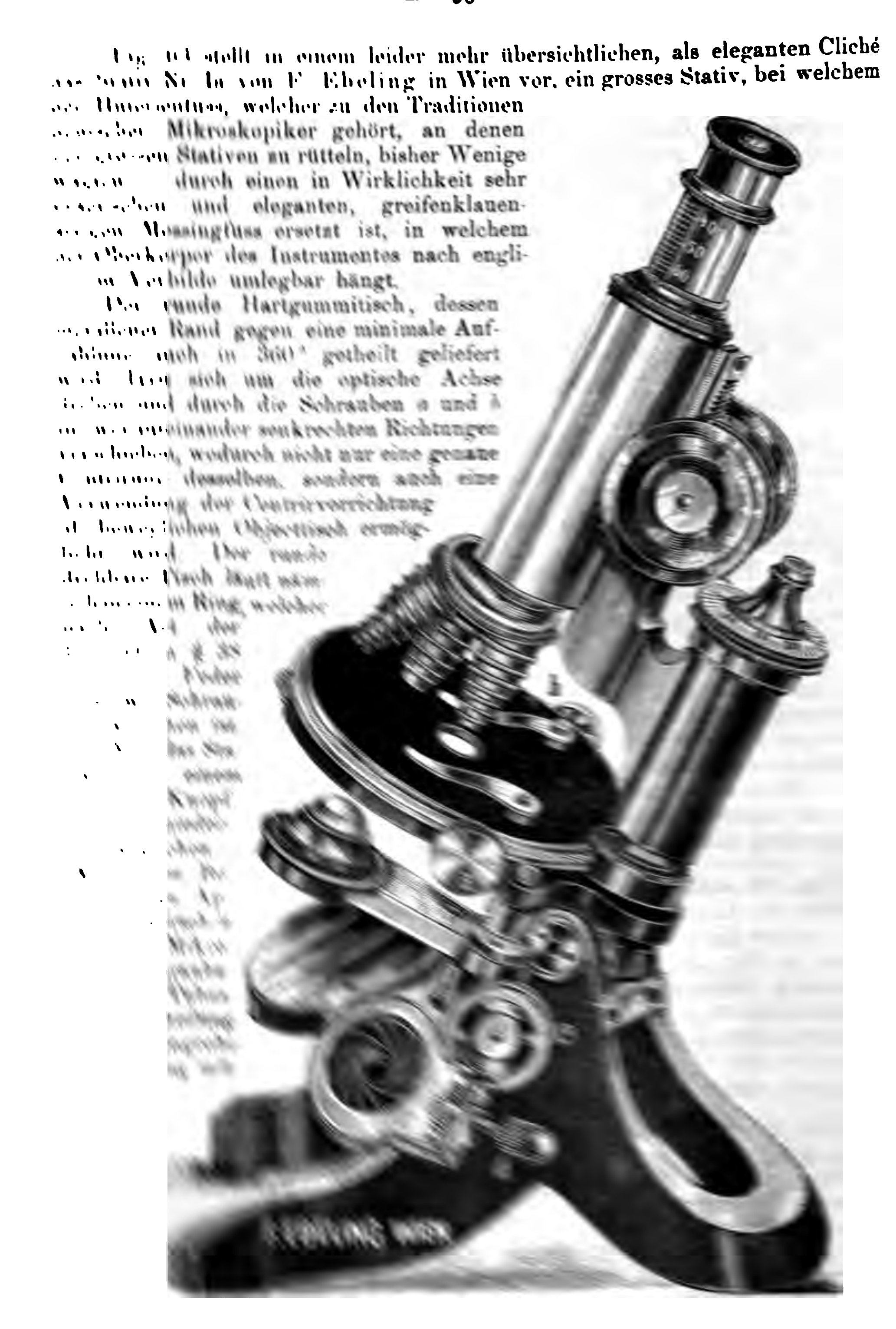
[illegible] Merker und auch [illegible] erste Aus- [illegible] dass sich in Wien [illegible]



Fig. 61.

[illegible] stellt in einem leider mehr übersichtlichen, als eleganten Cliché [illegible] von F. Ebeling in Wien vor, ein grosses Stativ, bei welchem [illegible], welcher zu den Traditionen [illegible] Mikroskopiker gehört, an denen [illegible] Stativen zu rütteln, bisher Wenige [illegible] durch einen in Wirklichkeit sehr [illegible] und eleganten, greifenklauen- [illegible] Messingfuss ersetzt ist, in welchem [illegible] Oberkörper des Instrumentes nach engli- [illegible] Vorbilde umlegbar hängt.

[illegible] runde Hartgummitisch, dessen [illegible] Rand gegen eine minimale Auf- [illegible] auch in 360° getheilt geliefert [illegible] sich um die optische Achse [illegible] und durch die Schrauben a und b [illegible] zueinander senkrechten Richtungen [illegible], wodurch nicht nur eine genaue [illegible] desselben, sondern auch eine [illegible] der Centrirvorrichtung [illegible] beweglichen Objecttisch ermög- [illegible] wird. Der runde [illegible] Tisch läuft nun [illegible] Ring, welcher [illegible]



[illegible]

Diese Art Tischeinrichtung, welcher wir noch oft begegnen werden, rührt von C. Zeiss her und wurde von Ebeling für sein im übrigen den englischen Stativen ähnliches Modell adaptirt. Es ist klar, dass sich an diesem Stative der bewegliche Objecttisch Ebeling's (vide Fig. 55) anbringen lässt. Auf der Zeichnung ist er weggelassen.

Dieses Stativ kostet ohne Revolver, Objective und Oculare und ohne den in Fig. 55 ersichtlichen, in Fig. 63 weggelassenen beweglichen Objecttisch, welcher übrigens durch die mittelst der Schrauben *a* und *b* ermöglichte Tischverschiebung für viele Fälle zu ersetzen sein dürfte, 114 fl. ö. W. mit dem in Fig 55 abgebildeten Tisch 144 fl. ö. W.

Es ist ein für alle Zwecke, auch für Photographie und Polarisation ausreichendes Stativ, welches für Mikroskopiker aller Berufe zu empfehlen ist, falls sie mit dem Gelde nicht sparen müssen. Ein kleineres derlei Stativ liefert Ebeling für 86 fl. ö W.

Die vorbeschriebene Centrirung und Bewegung des runden Hartgummitisches finden wir wieder bei dem grossen Stativ II von C. Reichert und dessen mittlerem II c. Das Modell II stellt Fig. 45 (oben) in seiner neuesten Ausführung vor. II c ist bedeutend kleiner, im übrigen aber ähnlich construirt; es gehört der Grösse nach nicht mehr zu den grossen, sondern zu den mittleren Stativen.

Ein grosses Stativ von Paul Wächter, dessen Tisch allerdings jeder Beweglichkeit entbehrt, welches aber im übrigen wegen seiner Billigkeit (115 Mark) jenen Lesern draussen im Reiche, welche ein billiges, aber doch geräumiges und gut ausgeführtes Stativ benöthigen, empfohlen werden kann, zeigt Fig. 64.



Fig. 64.

Wir sehen an dem Stativ Zahn und Trieb, getheilte Mikrometerschraube, getheilten Auszug, Kippung, Abbe'schen Beleuchtungsapparat mit Irisblende, Revolver mit drei Objectiven und oben ein Ocular im Tubus. Der Abbe'sche Beleuchtungsapparat kann ebenfalls höher und tiefer gestellt und nach links herausgeklappt werden. Der Spiegel ist plan und concav und allseitig verstellbar.

Ein durch die oben im § 38 (am Ende) beschriebene Einstellvorrichtung Fig. 38 und das gänzliche Fehlen der groben Einstellung, sowie durch den oben in § 43 beschriebenen Ocularrevolver als originell auffallendes grosses Stativ von Messter stellt Fig. 65 vor. Der Fuss ist ein aus lackiertem Gusseisen hergestellter Hufeisenfuss, das Stativ ist 43 *cm* hoch (also sehr gross) der Tisch 10 *cm* im Quadrat und unten mit einem Condensor mit Irisblende versehen, welcher jedoch blos centrale Beleuchtung gestattet. Verfasser dieses hat ein solches Instrument adjustirt mit einem schwachen, einem mittelstarken System und einer homogenen Immersion $^1/_{12}$" bei Dr. Hans Heger zu versuchen Gelegenheit gehabt und musste das blos 130 fl. (sammt Revolvern und 3 Objectiven sowie Condensor mit Iris inclus. Fracht und Zoll) kostende Instrument als preiswürdig anerkennen.

Was der Constructeur mit dem Instrumente erreichen wollte, drückt dessen Preisliste mit folgenden Worten aus:

„Dieses neue gesetzlich geschützte Universal-Bacterien Mikroskop sichert auch dem weniger geübten Mikroskopiker ein leichtes und sicheres Auffinden von Bacterien und anderen Objecten. Durch eigenartige vortheilhafte Construction dieses Instruments fällt das zeitraubende Wechseln der Oculare und Objective, das mühevolle Einstellen für die verschiedenen Vergrösserungen mittelst der groben Einstellung und der Mikrometerschraube, sowie das schwierige Aufsuchen feinster Objecte (Mikrokokken, Bacillen etc.), bei starken Vergrösserungen gänzlich fort, und ist somit auch der weniger Geübte im Stande, mit diesem neuesten Bacterien-Mikroskop (G. M. No. 1045) Untersuchungen nicht nur schneller, sondern auch genauer und bequemer zu machen, als mit allen anderen Instrumenten. Es kann daher dieses Mikroskop den Herren, welche auf mikroskopische Untersuchungen nicht zuviel Zeit verwenden können und besonders den Herren Aerzten und Apothekern nicht warm genug empfohlen werden; denn zum Stellen von Diagnosen bei Harn- und Sputum-Untersuchungen und für sämmtliche wissenschaftliche Untersuchungen gibt es kein handlicheres Instrument wie dieses. Dasselbe ist mit einem Ocular- und einem Objectiv-Revolver versehen, an welchem die Objective so genau justirt sind, dass das Bild für alle neun Vergrösserungen stets eingestellt ist. Die verbesserte centrale Mikrometer-Schraube sichert eine ganz genaue Einstellung und gestattet der unter der Mikrometerschraube angebrachte Hebel ein Heben und Senken des Tubus, ohne die Einstellung zu verändern, was beim Unterlegen von Präparaten mit dicken Lackringen, sowie beim Drehen des Objectiv-Revolvers von nicht unwesentlichem Vortheile ist.“



Fig. 65.

Wir gehen nun zu den sogen. mittleren Stativen über.

Wegen ihres kleineren Gewichtes bequemer transportabel und billiger im Preise, sind sie weit mehr verbreitet als die grossen Instrumente und sind die eigentlichen Arbeitsmikroskope der Naturforscher und Aerzte. Man hat sie denn auch in neuerer Zeit mit Zahn und Trieb, Revolver etc. versehen, um sie fähig zu machen, für weitaus die meisten Untersuchungen die grossen Instrumente zu ersetzen. Fig. 29 (oben) zeigt uns den Typus eines mittleren Instrumentes.

In Fig. 66A sehen wir ein Instrument derselben Grösse, jedoch versehen mit Kippung, grober Einstellung durch Zahn und Trieb und Abbe'schem Beleuchter, welcher mittelst der mit Spiralfeder versehenen Schraube *C* sich rasch heben und senken lässt und unter der nicht zum Excentrisch-Stellen eingerichteten Irisblende (welche also blos centrische Beleuchtung zulässt) einen an der Achse *a* ausklappbaren Ring zur Aufnahme eines blauen Glases



Fig. 66A

Fig. 66B.

bei Petroleumlicht) oder einer Dunkelfeldblende trägt. Um schiefe Beleuchtung zu erhalten, braucht man in diesen Ring blos eine Blendscheibe (etwa aus schwarzem Papier von den in Fig. 66B abgebildeten Formen einzulegen, wodurch man auch mit dem bei mittleren Stativen jetzt meist üblichen Condensor mit Irisblende und ohne Trieb zum Excentrischstellen die verschiedensten Modificationen der schiefen Beleuchtung bei ganz geöffneter Iris hervorbringen kann. *a* gibt eine Beleuchtung nach Art der kleingestellten

[illegible] excentrisch gestellten, *b* der schiefgestellten erweiterten und *c* der schon [illegible] erweiterten schiefgestellten Irisblende der grösseren Condensoren.

[illegible] solches, für practische Aerzte, Thierärzte und Apotheker mehr als aus-[illegible] Instrument kostet ohne Revolver, Objective und Oculare 70 fl. ö. W.



[illegible]

aber die genannten beiden Wiener Optiker sein lassen, noch billigere und leichtere, der Grösse nach noch eher zu den kleinen als zu den mittleren Mikroskopen zu zählende Instrumente herzustellen, welche theilweise die Vorzüge der grossen und mittleren Stative aufweisen, insbesondere Abbe'schen Condensor mit Iris, Kippung und grober Einstellung mittelst Zahn und Trieb. Dabei haben die beiden genannten Wiener Optiker versucht, den Tisch dieser im übrigen zart gebauten Stative derart geräumig zu machen, dass auch kleinere Culturschalen und ausgedehnte Präparate auf ihm Platz finden.



Fig. 68.

Fig. 68 stellt ein solches Stativchen von L. Merker in Wien dar. Die feine Einstellung geschieht durch Robervalschraube, die grobe mittelst Zahn und Trieb, das Stativ lässt sich umlegen. An einem schon in § 35 (Fig. 27) beschriebenen Substage lässt sich entweder ein Condensor mit Irisblende oder eine Cylinderblende einsetzen. In der Zeichnung trägt das Stativ einen Revolver mit 3 Objectiven. Der Tubus ist ausziehbar, jedoch fehlen die Theilungen am Tubus und an der Mikrometerschraube. Der Spiegel ist plan und concav und seitlich verstellbar. Ein ähnliche Vorzüge wie das vorgeschilderte Instrument mit einer besonders guten Stabilität verbindendes Stativ ist das nach dem Verfasser dieses Buches benannte Arbeitsstativ F. Ebelings für Gerichtsärzte, Nahrungsmittelchemiker und Polizeiärzte. Es hat greifenklauenähnlichen Messingfuss, Kippung, Roberval - Mikrometerschraube, grobe Einstellung mittelst Zahn und Trieb und einen, die Einlegung von Blenden, (Fig. 67) und der Dunkelfeldblende gestattenden Condensor, der sich mit einem kegelförmigen Blendenträger *b* vertauschen lässt und unter sich eine Iris aufnimmt. Auch hier erscheint das Substage nach Art der Fig. 27 benützt. Solche Instrumente kosten ohne Revolver und Objective circa 43 bis 46 fl. ö. W., sammt Cassette, sind schon sehr gut transportabel und es benützt Verfasser dieses Buches ein Stativ wie Fig. 69 seit Jahren als Excursionsstativ (Reisemikroskop), neben einem nach Art des in Fig. 61 abgebildeten, von L. Merker in kleinerem Maasstabe verfertigten grossen Stative, welches als stabiles Arbeitsmikroskop für Messungen und Polarisationsanalysen dient, wodurch das letztere, ein mit einer im § 37 geschilderten, besonders gegen das sogen. „Ueberhängen" gesicherten Mikrometerbewegung subtilster Art ausgestattetes Instrument, wesentlich geschont wird.

Ein besonders compendiöses, eigens zu Excursionszwecken bestimmtes Reisemikroskop, welches mit 2 Objectiven und 2 Ocularen nach Umdrehung des Tisches in ein elegantes Lederetui sich einlegen lässt, fertigt C. Reichert in Wien. Fig. 70 stellt es in halb natürlicher Grösse dar. Es kostet mit 2 Ocularen und einem schwachen und einem starken Trockensysteme 76 fl. ö. W. Mit Zahn und Trieb kostet es 10 fl., mit Iriscondensor um 20 fl. mehr. Es ist für Militärärzte, Thierärzte, Botaniker und Zoologen, welche in die Lage kommen, mikroskopische Untersuchungen auf der Reise vorzunehmen, äusserst empfehlenswerth. Ein in neuester Zeit von C. Reichert verfertigtes Reisemikroskop mit einem trommelartigen Fuss, welches einen sehr kleinen Raum einnimmt, kann ich des allzukleinen Tisches wegen nicht so brauchbar finden, wie das eben beschriebene.

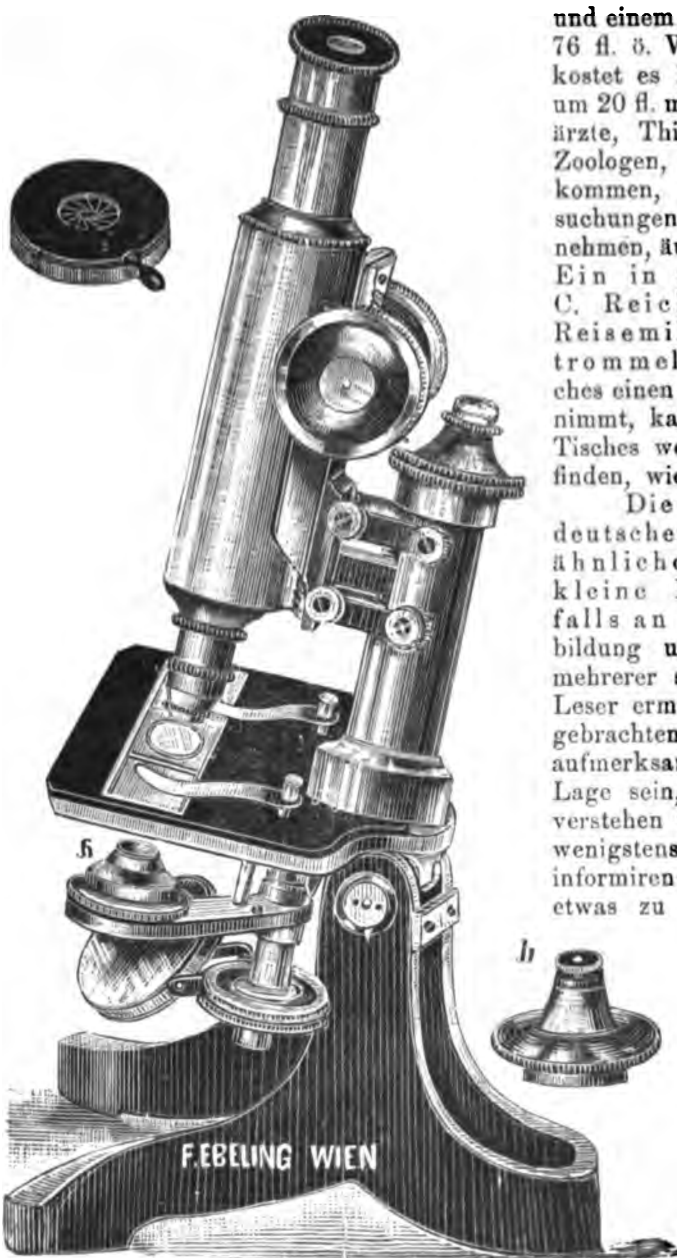


Fig. 69.

Die meisten Firmen im deutschen Reiche fertigen ähnliche mittlere und kleine Mikroskope ebenfalls an und würde eine Abbildung und Besprechung noch mehrerer solcher Instrumente die Leser ermüden. Nach dem Vorgebrachten wird jeder, der dieses aufmerksam gelesen hat, in der Lage sein, die Preiscourante zu verstehen und sich aus denselben wenigstens im Allgemeinen zu informiren; blos nach Preiscourant etwas zu kaufen, ohne ein Instrument der betreff. Firma probirt zu haben, rathen wir am wenigsten dem Anfänger.

§ 49. Wir sollten durch diesen Rath auf die sogen. engere Auswahl zu sprechen kommen, nachdem wir durch die Revue einiger Instrumente den Leser befähigt zu haben glauben, sich ein Instrument, welches seinen Bedürfnissen und seiner Cassa entspricht, im Allgemeinen zu wählen, d. h. sich etwa aus einem Preiscourante oder mehreren Preiscouranten darüber zu orientiren, welche Instrumentgrösse für seine Zwecke passt und seinen Geld-

mitteln angemessen ist. Wir haben aber bisher bei der Revue die Objective und Oculare sowie andere Nebenapparate gar nicht und insbesondere nicht hinsichtlich des Kostenpunktes berücksichtigt, müssen dies also jetzt nachholen. Hier wirft sich von selbst die Frage auf, ob man bei beschränkteren Mitteln am Stative oder an der optischen Ausstattung sparen soll. Da nun die modernen Stative zuverlässiger Firmen auch in ihren kleineren Modellen

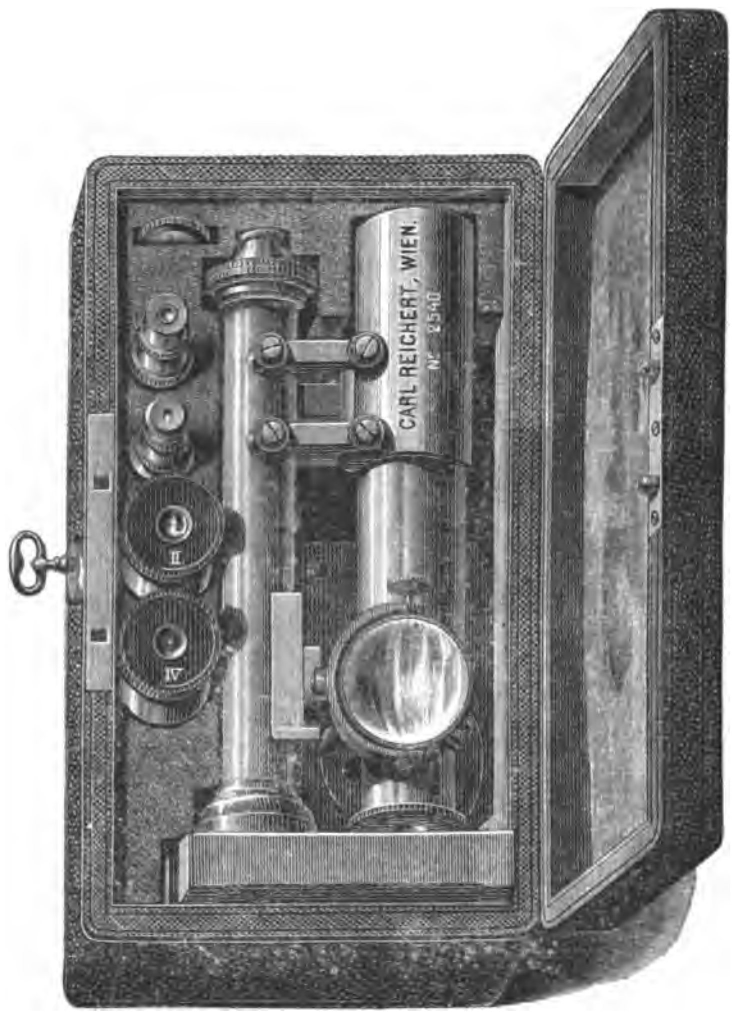


Fig. 70.

zur Aufnahme der stärksten Objective geeignet sind, insbesondere, insoferne sie mit einer gutgehenden Mikrometerschraube und einem Condensorsystem versehen sind, so wird man allerdings bei beschränkteren Mitteln gut thun, lieber ein etwas minder kostspieliges Stativ zu wählen, als ein sehr theueres, um an demselben etwa mit schwächeren Objectiven, welche billiger sind, das bewältigen zu wollen, was eben nur stärkere Objective befriedigend zu lösen im Stande sind. Zur Untersuchung auf Trichinen dagegen wird man mit wenigen und schwachen Objectiven auskommen, dafür aber eines Stativs mit einem beweglichen Objecttisch nicht leicht entrathen können, wenn man sehr viele solche Untersuchungen zu machen hat, und wir werden später bei der Be-

sprechung der Methoden der mikroskopischen Fleischbeschau einige billige und doch für diesen besonderen Zweck in vorzüglicher Weise ausgestattete Instrumente kennen lernen; besonders wird z. B. der **Apotheker** arg fehlen, wenn er sich ein blos für die Bedürfnisse der Droguenuntersuchung ausreichendes Mikroskop, welches mit dem stärksten Objective und Oculare eine circa 100malige Vergrösserung gewährt, anschafft. Er wird namentlich, wenn er in der Untersuchung mit dem Mikroskope noch nicht sehr geübt ist, den Mangel eines Objectives, welches mit dem mittleren Oculare oder falls blos zwei beigegeben sind, mit dem stärkeren der beiden eine brauchbare Vergrösserung von 600–700 mal ergibt, vermissen. Allerdings, wenn man ein gutes Stativ besitzt, kann man sich schliesslich Objective nachkaufen, während man, falls man sich ein allzukleines, mit mangelhafter Einstellungsvorrichtung versehenes Stativ kauft, bei Nachschaffung starker Objective alsbald sieht, dass man sie an dem allzukleinen Stativ (wie solche ohne Tubusauszug mit Mikrometerbewegung am Tische und mit nicht seitlich verstellbarem Spiegel sowie mangelhafter Blendvorrichtung oft genug als „**Apotheker-Mikroskope**" angepriesen werden) nicht voll ausnützen kann und dann erst ein neues vollkommeneres Stativ anschaffen, also mit dem Mikroskopkaufen von Neuem beginnen muss.

Kann man es also irgend wie thun, so wählt man sich ein mittleres Stativ und kauft es, falls [illegible] mehr die Mittel momentan nicht ausreichen, [illegible] Ocularen und einem schwachen, einem mittelstarken und einem [illegible] System aus. Später kann man dann eine homogene Immersion [illegible] nothwendig ist sie nicht und auch für den Anfänger [illegible]

[illegible] ein gutes Stativ mit Beleuchtungs- [illegible] zu welchem man sich Objective je nach Bedarf [illegible] nachkaufen kann, als ein unvollkommenes Stativ [illegible] die theuersten und besten Objective wegen [illegible] Einstellungsvorrichtung nicht zur vollen Aus- [illegible]

[illegible] Anfänger machen, ist es, sich der Billigkeit [illegible] nur minder voll- [illegible] vollkommene Instrumente nicht [illegible] Mikroskope [illegible] Anfänger [illegible]

Arbeiten angestrengt und es stellt sich Muskelzittern ein, wobei das Präparat sich leicht verschiebt und auch beim Einstellen an kleinen Instrumenten Alles in Bewegung setzt, sodass der Ungeübte gar nichts im Präparate findet, während er mit einem schwereren, stabileren Instrumente leichter zum Ziele gekommen wäre!

Der Apotheker, der Arzt, der Thierarzt soll nicht in Verlegenheit kommen, wenn es gilt, Harn- auf Harncylinder, Sputum auf Tuberkelbacillen, Blut auf Milzbrandbacterien zu untersuchen.

Hiezu bedarf es, was ich eben hervorheben will, keineswegs, — wie Viele glauben — eines theueren Oelimmersionssystemes; ein gutes Trockensystem, wie z. B. Reichert's Nr. 8, Merker's oder Ebeling's Nr. 7 reichen vollkommen aus, wofern nur das Stativ eine gute Blendvorrichtung für die Beobachtung der zarten Harncylinder und einen, wenn auch noch so einfachen Condensor (für die Bacterien in gefärbtem Zustande) besitzt. Wie wir bereits in dem vorgehenden Abschnitte erwähnt haben, fertigen die österreichischen Firmen solche Instrumente, welche obige Einrichtungen besitzen, zu billigen Preisen an, und wir erwähnen, dass man für circa 80 bis 100 fl. ein Instrument mit einem schwachen, einem mittleren und einem starken Trockensystem nebst Blendapparat an Substage und einem Condensor für Bacterien-Untersuchung erwerben kann, mit dem man so ziemlich für alle practischen Zwecke ausreicht und welches bequem zu handhaben ist.

Es wird also gut sein, bei Auswahl eines Mikroskopes sich gleich (falls man nicht ein theuereres zu kaufen beabsichtigt) als niederste Grenze die vorgenannte Ausstattung vor Augen zu halten; nachschaffen kann man sich dann dazu beliebige Systeme, dürfte aber für die gewöhnlichen Zwecke mit den erwähnten Systemen auslangen. Man wird deshalb gut thun, zuerst die Trockensysteme 1—9 [1]) zu prüfen.

Dass ein gutes, starkes Trockensystem zur Sputumuntersuchung ausreicht, dafür bürgt die Angabe, welche auf Seite 358 in Dr. von Jaksch's „Klinische Diagnostik", einem trefflichen, bei Urban & Schwarzenberg in Wien und Leipzig 1887 erschienenen Fachwerke, enthalten ist und des Verfassers eigene Erfahrung.

Ein Revolver für drei Objective, welcher derart adjustirt sein soll, wie dies oben im § 43 auseinandergesetzt wurde, sollte, falls man es beim Arbeiten bequem haben und Zeit ersparen will — gleich mit den Objectiven zusammen wegen deren Justirung (Anpassung) angeschafft werden.

Nunmehr ist der Leser hinlänglich vorbereitet, um unter mehreren ähnlichen oder gleichen Instrumenten dasjenige auszusuchen, welches ihm passt; es werden ihm, falls er, was stets einer brieflichen Bestellung vorzuziehen ist, persönlich und mündlich den Mikroskopeinkauf besorgt, von den Lestellenden Verkäufern gerne eine Auswahl mittlerer und kleinerer Stative sammt Objectiven, Ocularen und Probeobjecten (von diesen werden wir bald Näheres hören) behufs Prüfung an Ort und Stelle überlassen werden. Auch mehrere gleiche Iustrumente kann man sich bei renommirteren Firmen, welche grössere Vorräthe der gangbarsten Instrumente, wenn auch selten, so doch mitunter am Lager halten, vorlegen lassen, um dann eine engere Auswahl zu treffen.

Unter diesen suche sich der Leser nach der im Folgenden zu gebenden Anleitung die besten aus, denn unter sehr Gutem gibt es noch immer etwas noch Besseres und das Bessere ist ja der Feind des Guten, wie das Sprichwort sagt.

---

[1]) Zeiss bezeichnet seine Objective mit Buchstaben

in Betracht kommenden modernen Instrumenten mit Ausnahme der kleinsten der Fall — einen Auszug, so muss auch dieser „zügig" gehen. Schwerer oder ungleichmässiger Gang der groben Einstellung zeugt stets von ungenauer Arbeit oder von schlechter Repassirung der Stative.

Der Tubus selbst muss unten mit einem solchen Gewinde versehen sein — sei dieses nun das Hartnack'sche oder Society screw, dass sich die Objectivsysteme leicht anschrauben lassen, aber dabei ohne Wackeln gut und fest sitzen, das heisst, dass der Rand der Objectivsysteme am Rande des Zwischenstückgewindes genau anliegt. Dabei muss — wenn der Tubus vertical steht — die untere Fläche der Frontlinse genau horizontal und parallel mit der Objecttischebene stehen.

Die feine Einstellung muss recht weich gehen und keinen todten Gang zeigen. Die einschlägigen Einrichtungen haben wir früher behandelt und wollen dieselben oben (bei Beschreibung der Stative) nachgelesen werden.

Sehr wichtig ist der jetzt zu besprechende Punkt: Die genaue Centrirung aller Theile des Statives.

Was Centrirung ist, wissen wir ja bereits aus den früheren Darlegungen. Bemerken müssen wir hier, dass bei der Prüfung der Centrirung des mechanischen Theiles darauf zu sehen ist, dass auch die beweglichen Theile in jeder Lage möglichst centrirt stehen bleiben, d. h. dass deren Bewegungslinie stets mit der sogenannten optischen Achse zusammenfalle.

Selbst Stative aus den besten Werkstätten lassen in dieser Hinsicht mitunter etwas zu wünschen übrig, da ja alles Menschliche unvollkommen ist; grössere Abweichungen dürfen aber bei guten Stativen nie und nimmer vorkommen, da sie sonst das Instrument — mag der optische Theil noch so gut sein — unbrauchbar machen.

Wie prüft man nun die vollkommene Centrirung des Statives?

Man ersucht den Verkäufer um ein Ocular mit Fadenkreuz, oder mit einem auf einer Glasplatte, die im Ocular eingelegt ist, eingeritzten +, wobei natürlich der Mittelpunkt des im Mikroskop gesehenen Kreises (Gesichtsfeld) mit dem Mittelpunkte resp. Kreuzungspunkte beider aufeinander senkrechten Geraden zusammenfallen muss. Solche Oculare sind in jeder grösseren Werkstätte vorräthig. Dieses Ocular steckt man, nachdem man das zu prüfende Stativ gegen das Licht gekehrt und vorher ein Objectivsystem grösserer Brennweite (etwa von 20 40 *mm*) angeschraubt hat, auf den Tubus an und bringt nun in den Blendeapparat die kleinste Blende oder stellt bei Irisblende die kleinste Oeffnung ein. Dann sucht man, indem man durch das Ocular hineinblickt und den Spiegel mit der rechten Hand hin- und herwendet, Licht, d. h. man sucht die Blendöffnung vergrössert und als weissen Kreis auf schwarzen Grund wahrzunehmen. Dass man dabei zuerst die grobe Einstellung anwendet und dann mit der Mikrometerschraube so lange fein einstellt, bis die Ränder der weiss erleuchtet erscheinenden Blendung sich scharf begrenzt darstellen, liegt in der Natur der Sache. Achtet man nun auf das Fadenkreuz, so muss, wenn anders das Stativ gut centrirt ist, der Kreuzungspunkt der Linien des sogenannten Fadenkreuzes (weil es früher meist aus 2 Spinnfäden verfertigt wurde, während man heutzutage es meist durch in eine Glasplatte eingeritzte feine Linien bildet), mit dem Mittelpunkt der lichten Blendöffnung zusammenfallen. Je genauer dies der Fall ist, desto besser centrirt ist das Stativ. Gut ist es, wenn man nicht nur die kleinste Blendöffnung, sondern auch noch zwei grössere zur Probe benützt.

Sollte zufällig ein Ocular mit Fadenkreuz nicht zur Hand sein, so muss man sich freilich auf sein Augenmaass verlassen, indem man dann beurtheilen muss, ob der Mittelpunkt des Gesichtsfeldes mit dem Mittelpunkte der lichten

[illegible] Als Anhaltspunkt mag dabei dienen, dass der [illegible] den der schwarze Rand der Lichten Blendöffnung bildet, mit [illegible] die Grenze des Gesichtsfeldes bilden, genau parallel verläuft, [illegible] Kreise concentrisch erscheinen. Hat man ein grösseres Stativ [illegible] welchem die Blendungen auf irgend eine der oben bei Be-[illegible] geschilderten Art und Weise höher und tiefer zu [illegible] verschiebt man die Blendvorrichtung in die Höhe und Tiefe [illegible] Einstellung [illegible], bis man den [illegible] Kreis scharf sieht. Auch jetzt muss der [illegible] Blendöffnung möglichst [illegible] Drehung des Oberkörpers [illegible] während der Beobachtung der [illegible] sammt Tisch um die Achse. [illegible] Drehung soll die [illegible] Blendöffnung ihre concentrische [illegible] Begrenzung des Gesichtsfeldes bilden möglichst [illegible] mathematisch genaues [illegible] weniger erreichbar [illegible] lassen müssen und daher die [illegible] Bewegung nicht [illegible] Auch spielt die [illegible] ebenfalls eine [illegible] Stativ Fig. 68 [illegible] Präparat mit [illegible] befestigt ist mit [illegible] auf die [illegible] den Tisch [illegible] machen, so müssen [illegible] Correctionsschrauben [illegible] mit der anderen [illegible] scharf [illegible] Drehung nicht [illegible] Präparat mit dem [illegible] Correctionsschrauben [illegible] am Rande [illegible] kleines [illegible] seinen Platz [illegible]

[illegible] und wohl auch aus [illegible] man daran zu [illegible] Lage festen [illegible] Schrauben [illegible] Scharnier [illegible] [illegible]

Der Spiegel an jedem besseren Stative soll auf einer Seite plan, auf der anderen concav, nicht zerkratzt und womöglich in drei Ebenen [1]) verstellbar sein, was durch dessen Anbringung an einem drehbaren Arme erzielt wird. Dass sich der Spiegel auch in verticaler Richtung höher und tiefer stellen lasse, dafür ist an grösseren Stativen meist vorgesorgt; bei kleineren ist diese Beweglichkeit durchaus nicht nothwendig, kann aber, wenn sie eine Höher- und Tieferstellung um circa 1 Centimeter gestattet und hinlänglicher Raum zwischen Fuss und Tisch zur Unterbringung und Bewegung des Blendapparates ist, so dass diese Höher- und Tieferstellung des Spiegels kein Anstossen an den Fuss oder einen Theil des Blendapparates zur Folge hat, zu manchen Beleuchtungseffecten ganz erwünscht sein.

Beachten muss man überhaupt, dass ein Theil den anderen in seiner Bewegung möglichst wenig hindern soll und die unter dem Tische befindlichen, oben bereits ausführlich beschriebenen Beleuchtungsvorrichtungen leicht und zügig gehen müssen, wie dies oben bezüglich der groben und feinen Einstellung beschrieben wurde.

Hat man nun das Stativ nach obiger Methode geprüft, so bittet man sich ein etwas stärkeres System, etwa von 3 *mm* bis 5 *mm* Brennweite, aus, lässt das Fadenkreuz-Ocular, falls ein solches vorhanden ist, am Tubus und schraubt, indem man Acht hat, dass das Ocular beim Anschrauben des stärkeren Systemes nicht herausfalle, dieses stärkere System an den Tubus an.

Nun erbittet man sich irgend ein mikroskopisches Präparat, am besten Schmetterlingsschuppen, Pollenkörner oder dergleichen kleine Körperchen, schiebt sehr vorsichtig das Objectglas so lange hin und her, bis eines der auf dem Objectträger befindlichen kleinen Körperchen möglichst genau im Kreuzungspunkte des Fadenkreuzes, resp. dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes zu stehen kommt, und beginnt dann die Mikrometerschraube, stets das Resultat durch das Ocular beobachtend, sachte zu drehen. Dabei wird das Körperchen scheinbar zu verschwimmen, dann wieder deutlicher zu werden scheinen, je nachdem man von rechts nach links oder umgekehrt am Knopfe der Mikrometerschraube dreht; es wird auch aus der Mitte des Gesichtsfeldes etwas abweichen, diese Abweichung darf aber nur sehr wenig betragen, sonst ist die Mikrometerbewegung keine centrische und somit ein Fehler vorhanden. Bei schlechten Stativen verschwindet bei der kleinsten Bewegung der Mikrometerschraube so ein kleines Object, indem es nach irgend einer Richtung das Gesichtsfeld zu durchlaufen scheint, aus demselben, oft schwankt es auch bald hinüber bald herüber. Bei einem guten Stative dagegen scheint es in der Tiefe senkrecht unter dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes zu verschwinden. Bei dickeren und grösseren Objecten, sehr starken Objectiven und namentlich bei schiefer Beleuchtung (davon später) scheint oft auch bei tadellosen Mikrometerschrauben das Object nach einer Seite hin zu verschwinden, dies ist aber nur scheinbar der Fall und hat seinen Grund in dem Verschwinden der oberen Schichten des Objectes und Auftauchen der unteren in der Richtung der bei schiefer Beleuchtung nur einseitig einfallenden Lichtstrahlen, was den Schein eines Fortrückens des Objectes in excentrischer Richtung zur Folge hat.

Hat man nun auf diese Art das Stativ bezüglich der Centrirung der Mikrometerschraube insbesondere geprüft und für gut befunden und will man

[1]) Nämlich um seine beiden Achsen (centrisch) und am drehbaren Arm seitlich; nur bei grösseren Instrumenten auch nach vorne. Vgl. auch im § 42 die Zeiss'sche Einrichtung des Spiegelarmes nach Art der Taschenzollstöcke behufs Ermöglichung, den Spiegel über den Objecttisch zu heben und das Object mittelst des Spiegels von oben zu beleuchten. An seinen mittleren Stativen hat Zeiss übrigens blos den mit dem nicht seitlich verstellbaren Spiegel fest verbundenen Abbe'schen Condensor angebracht, dessen Linsensystem herausgenommen und durch einen für directes Spiegellicht bestimmten Blendträger ersetzt werden kann. Die schiefe Beleuchtung ist hier blos durch Excentrisch-Stellen des Blendenträgers des Abbe'schen Beleuchtungsapparates zu erzielen.

Untersuchungen genügten und welche jedenfalls besser waren, als so manche mit grossem Reclameaufwand anempfohlene Systeme „ersten Ranges“ einiger ausländischer Firmen, welche schon ihren mittelstarken Objectiven eine sehr grosse Apertur geben, mit welcher dann die Correction der Aberrationen nicht gleichen Schritt hält, sodass das Abbildungsvermögen dennoch ein sehr unvollkommenes bleibt.

Man sieht daraus, dass es noch andere Kriterien für die Leistungsfähigkeit der Objective geben muss, als deren Apertur, welch letztere übrigens mit dem sogenannten Zeiss'schen Apertometer von Dr. Abbe, einer halbkreisförmigen, mit Bezifferung versehenen Glasplatte direct gemessen werden kann,[1]) worauf wir aber hier in einem Leitfaden nicht eingehen können, umsoweniger, als das Aperturbestimmen mit diesem Instrumente jedem Käufer eines solchen auseinandergesetzt zu werden pflegt.

Die directe Prüfung des Abbildungsvermögens durch Probeobjecte ist für den Anfänger, wie ich mich zu überzeugen Gelegenheit hatte, viel leichter, weil erstens der Verkäufer des Mikroskopes hiezu selbst gerne die Anleitung gibt und zweitens diese Prüfung ohne Kosten geschehen kann, da jedem Mikroskope bei allen renommirten Firmen einige Probeobjecte gratis beigegeben zu werden pflegen, während ein Apertometer in seiner billigsten Ausführung 60 Mark kostet.

Wer jedoch sich der Mühe unterziehen und ohne Hilfsmittel den Oeffnungswinkel (vgl. §§ 14 und 28) eines Objectivsystems nachmessen will, der kann dies nach der Methode des berühmten Mikroskopikers Amici auf folgende Weise thun:

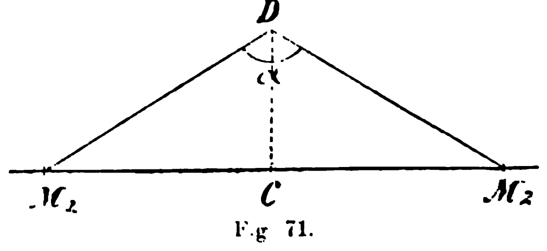


Fig 71.

Auf den Tisch, auf welchem das Mikroskop steht, legt man einen Bogen blaues Papier, auf welches man einen recht langen Strich mit dem Lineale zieht. Das Mikroskop stellt man nach Beseitigung des Beleuchtungsspiegels derart auf diesen Strich, dass wenn man durch den Tubus ohne Objectiv und Blende hindurchschaut, man den Strich durch die Mitte der Objecttischöffnung von rechts nach links verlaufen sieht.

Das zu messende Objectivsystem wird jetzt an den Tubus angeschraubt, ein Deckgläschen, auf welches man mit Tinte etwa ein Kreuz zeichnet, über die Objecttischöffnung gelegt und nun auf die Zeichnung auf dem Deckglase nach Einbringung eines Oculares scharf eingestellt. Dann nimmt man das Ocular weg und legt einen Streifen weisses Papier quer über den Strich in die Nähe des Mikroskopfusses. Blickt man jetzt bei guter Beleuchtung ohne Ocular durch den Tubus in das zu messende Objectiv, so bemerkt man, dass der weisse Papierstreifen darin zu sehen ist und zwar verkleinert in dem kleinen Kreise der Objectivöffnung. Man verschiebt nun den Streifen so lange, bis er eben am Rande des kleinen Gesichtsfeldes verschwindet und bezeichnet die Lage der verschwindenden Kante des weissen Streifens auf dem Striche durch eine Marke (Bleistiftpunkt), dann legt man den weissen Streifen auf die andere Seite des Mikroskopfusses und verfährt ebenso, wie

[1]) Zeiss selbst beschreibt den Apparat wie folgt: „Apertometer nach Abbe, zur Bestimmung der numerischen Apertur und des Oeffnungswinkels der Objective (Journal of the R. Micr. Soc. Jahrg. 1878, p 19.) — Dicke halbkreisförmige Flintglasscheibe von 90 Millimeter Durchmesser mit angeschliffenem Reflexionsprisma, welches horizontal einfallendes Licht in die Achse des Mikroskops leitet, zum Auflegen auf den Tisch des Mikroskops. Das zu untersuchende Objectiv wird auf eine Centrum-Marke auf der Oberfläche der Scheibe eingestellt. Die Grenzen der Oeffnung werden durch verschiebbare Indices auf der Peripherie der Scheibe markirt; zur Beobachtung dient dabei ein besonderes Hilfsobjectiv, welches an das Auszugrohr des Tubus angeschraubt und mit diesem auf das Bild der Indices eingestellt wird. Die Ablesung erfolgt durch zwei Theilungen auf der Glasscheibe, von welchen die eine den Oeffnungswinkel für Luft, die andere direct die numerische Apertur anzeigt. An jedem grösseren Stativ mit ausziehbarem Tubus zu benutzen.

vorher. Hat man also vorher den Papierstreifen etwa rechts vom Mikroskopfusse verschoben, so verschiebt man ihn jetzt links, vom Mikroskopfusse, bis er in der Objectivöffnung am Rande verschwindet und markirt wieder die Lage des als Index dienenden Papierstreifens auf dem Striche. (Fig. 71.)

Auf diese Art erhält man die Marken M_1 und M_2 auf dem Papiere, wenn in C der Fusspunkt des Mikroskopes war. Man erhält den Fusspunkt genau, wenn man von der Mitte des Loches im Objecttische einen mit einem Schrot beschwerten Faden auf den Strich herablässt.

Wo das Loth zwischen den Bögen des Hufeisenfusses oder zwischen den Klauen des Greifenfusses auf den Strich M_1, M_2 einfällt, da ist C. Auch die Länge des Lothes von der Einstellebene (wo das Deckglas mit dem Kreuz lag) bis zum Fusspunkt, also $D-C$ lässt sich reell messen. Kennt man M_1 C und C M_2 sowie DC, welche Grössen man, wie soeben erwähnt wurde, durch directe Messung findet, so kann man sich nun auf einem grossen Bogen Papier M_1 C und CM_2 laut gefundenen Maasses aufzeichnen, ebenso in C die Linie CD nach Maass senkrecht errichten und dann M_1 D M_2 mit D verbinden.

Der Winkel M_1 D M_2 ist der gesuchte Oeffnungswinkel. Man kann ihn direct mit dem Transporteur auf dem Papiere messen und die numerische Apertur mit Hilfe der Trigonometrie berechnen.

Uebrigens kann man sich in der Regel bei den renommirten Firmen darauf verlassen, dass die gelieferten Objective den versprochenen Oeffnungswinkel besitzen.

Insbesondere bei den starken und stärksten Systemen herrscht schon aus Ehrgeiz unter den concurrirenden Weltfirmen ein reger Wetteifer. Die beste und vollste Ausnützung hoher numerischer Aperturen gestatten natürlich die Apochromatobjective, welche ihres hohen Preises wegen freilich bisher noch nicht sehr verbreitet sind, obgleich man allerdings mit wenigen Apochromatobjectiven durch Wechsel einiger Compensationsoculare mindestens ebensoviel Abwechslung in brauchbaren Vergrösserungen erzielen kann, wie mit einer doppelten Anzahl gewöhnlicher Achromatobjective. Durch die bessere Correction der sphärischen und chromatischen Aberration ist nämlich rücksichtlich der Anwendung der Oculare ein grösserer Spielraum möglich. Dies gilt sowohl bezüglich der Trocken- als auch der Oel-Immersions-Objective, Es kann z. B. mit dem Apochromat-Objectiv von 4 *mm* Brennweite (Reichert). welches mit einem schwachen Oculare dieselbe Vergrösserung wie das gewöhnliche Achromat-Objectiv 5, welches eine Brennweite von 5·4 *mm* aufweist, mit dem gewöhnlichen Ocular 3 gibt, durch Anwendung der neuen stärkeren Compensations-Oculare dieselbe Vergrösserung wie mit Objectiv 9 und 10 und ein Auflösungsvermögen erzielt werden, das dem der Wasser-Immersion Nr. 10 beinahe gleichkommt, oder nur um Weniges nachsteht, weil eben die numerische Apertur dieser Objective bei vollkommenster Correction beider Hauptaberrationen eine hohe ist.

So haben Reichert's Apochromate von 16 *mm* Brennweite bereits eine Apertur von 0·30, jene von 8 *mm* eine von 0·50, und die stärksten homogenen Immersions-Apochromaten von 2 *mm* Brennweite eine numerische Apertur von 1·30 bis 1·40.

Dass Carl Zeiss' Apochromaten von noch höherer numerischer Apertur in Vorbereitung haben soll, ist schon oben erwähnt worden; was also soll man unter diesen vielen und trefflichen Dingen auswählen?

Diese Frage ist dahin zu beantworten, dass man sich nach dem Geldpunkte und dem Zwecke zu richten haben wird. Dabei darf man nicht ver-

gessen, dass man auch Oculare kaufen muss. Zu den gewöhnlichen Achromatsystemen genügen wohl 2 oder 3 Huygens'sche Oculare, zu den Apochromaten soll man aber stets — will anders man sie ganz ausnützen, mindestens 3 Compensationsoculare kaufen.

Für alle technischen Untersuchungen von Waaren, ferner die meisten Untersuchungen diagnostischer Natur am Krankenbette genügen Trocken systeme.

Kann und will man nur zwei Systeme kaufen, so kauft man hiezu zweckmässiger Weise auch blos zwei Oculare; man wählt dann ein schwaches und ein stärkeres Trockensystem z. B. 3 und 7 Merker oder Ebeling, oder 3 und 8 Reichert, oder 4 und 7 Hartnack, oder 3 und 7 Paul Wächter oder *A* und *E* Zeiss u. dgl. und ein starkes und ein schwächeres Ocular. Unzweckmässig ist es aber, ein sehr schwaches und ein sehr starkes System z. B. 1 und 9 (Reichert) zu wählen.

Bei drei Systemen wählt man zweckmässig ein schwaches, ein mittleres und ein starkes System, z. B. Reichert 1, 5, 8, Merker oder Ebeling 2, 6, 9, Hartnack 4, 7 und 8, kurz stets ein System von circa 20 bis herab zu 10 *mm*. Brennweite, ein solches von 3 bis herab zu 3 *mm* und endlich ein solches von 3 2 *mm* Brennweite.

Zu solchen Zusammenstellungen wählt man dann zweckmässig drei Oculare, z. B. Merker oder Ebeling 2, 3, 5, Reichert 2, 3, 5 oder Hartnack 2, 3, 4 u. s. w.

Man erhält dann 9 verschiedene (bei einer bestimmten Tubuslänge von 160 *mm*) sich stets gleichbleibende Vergrösserungen, von denen die eine sich an die andere anschliesst. So gibt z. B. Reichert's System 1 mit Ocular 2 eine 25malige mit Ocular 3 eine 30malige, mit Ocular 5 eine 55malige lineare Vergrösserung. System 5 gibt mit Ocular 2 eine 145malige, mit Ocular 3 eine 170malige, mit Ocular 5 eine 280malige. System 8 mit Ocular 2 eine 450malige, mit Ocular 3 eine 500malige, mit Ocular 5 eine 780malige Vergrösserung. Stellen wir diese Zahlen nach ihrer Grösse hintereinander, so erhalten wir folgende Reihe:

25
30
55
145
170
280
450
500
780

Statt nun die ganze Reihe anzuführen, pflegen die Verkäufer einfach zu sagen oder zu schreiben: Mikroskop-Stativ so und so, mit dem oder jenen Beleuchtungsapparate, mit drei Systemen 1, 5, 8 und drei Ocularen 2, 3, 5 Vergrösserungen 25 bis 780.

Manche lassen gar die Nummern der Systeme aus, namentlich bei kleinen Instrumenten und schreiben z. B.: Kleines Hufeisenstativ mit einem schwachen und starken Systeme und zwei Ocularen, Vergrösserungen von 25—700.

Bei letzteren Angaben muss man vorsichtig sein, wenn das Instrument einen ausziehbaren Tubus besitzt, [illegible] pflegen manche auswärtige Firmen die stärkste Vergrösserung bei ganz ausgezogenem Tubus zu rechnen: diese Vergrösserung ist aber [illegible] so brauchbar, wie wünschenswerth, namentlich nicht, wenn das Deckglas [illegible] passend dick ist, da die Objective meist für die normale Deckglasdicke [illegible] mittleren Tubuslänge (vgl. oben § 22)

von 160 *mm* adjustiert sind.[1]) Ist der Tubusauszug eingeschoben, so wird das Bild kleiner und schärfer; namentlich bei etwas zu dickem Deckglase; bei ausgezogenem Tubus dagegen grösser, aber weniger scharf, überhaupt merke man sich die bei Beschreibung des optischen Theiles oben ausgesprochene Regel, dass die Vergrösserungszahl eines Mikroskopes nebensächlich ist, im Vergleiche zur Deutlichkeit und Schärfe des Bildes und lasse sich von hohen Zahlen nicht imponiren.

§ 52. Um die Schärfe und Deutlichkeit des Bildes leicht beurtheilen zu können, brachte man schon Ende vorigen Jahrhunderts die sogenannten Probeobjecte auf, das sind Präparate organischen Ursprunges, welche gewisse, sehr kleine Einzelheiten, als da sind: Strichelchen in geringen Distanzen, Punkte von äusserst subtiler Beschaffenheit u. dgl. an sich hatten, die nur bei deutlich zeigenden, also ein gutes Auflösungsvermögen besitzenden Objectivsystemen sichtbar wurden. Anfangs nahm man als solche Probeobjecte meist die Schuppen auf den Flügeln der Schmetterlinge und Motten, später als man immer höhere Anforderungen an die Objectivsysteme stellte, kamen, theils künstliche Probeobjecte — wie z. B. die später zu besprechenden Nobert'schen Probeplatten, theils die Kieselpanzer von im Schlamme lebenden mikroskopisch kleinen Algen, der sogenannten Diatomeen in Gebrauch und sind es die letzteren auch noch heute. Der Unterschied gegen Einst und Jetzt liegt aber in Folgendem:

Einst gab es nur wenige berühmte Firmen, von denen aber einige sich dem, namentlich aus England und Italien, sowie insbesondere aus der Werkstätte des bis zum Jahre 1870 in Paris domicilirenden Hartnack ausgehenden Fortschritte nicht rasch genug anschlossen, sodass sie nur wenig Systeme lieferten, die den in der wissenschaftlichen Welt schon damals wach werdenden grösseren Ansprüchen an Auflösungsvermögen gerecht wurden. — Heute ist eine Firma einfach ganz unhaltbar, wenn selbe nicht wenigstens mittelstarke Systeme von 0·30 bis 0·70 numerischer Apertur liefert; an starke Systeme aber werden gar Anforderungen gestellt, die die Apertur von 1 erreichen, ja übersteigen! Und die meisten derjenigen Firmen Mitteleuropas, welche Mikroskope für wissenschaftliche Zwecke selbst verfertigen, also nicht blos damit handeln, wagen gar kein Product aus der Hand zu geben, welches nicht die im Preiscourant verzeichnete Apertur, respective Oeffnungswinkel auch wirklich besitzen; jene Systeme mittlerer Stärke aber, welche die vorhin angegebenen Aperturen besitzen, lösen die für sie bestimmten Probeobjecte sicher auf; nur bei den für die Auflösung bestimmten sehr starken Systemen schwankt oft die Deutlichkeit, mit der sie die betreffenden Einzelnheiten zeigen, merklich und pflegt dann auch die Apertur, wie z. B. im Preiscourante[2]) Reichert's auf Seite 10 bei Nummer 10 und folgenden, blos approximativ, z. B. „1·10—1·20", angegeben zu sein. Bei der Auswahl der starken und stärksten Systeme spielt also jedenfalls die Probe des Auflösungsvermögens eine grössere Rolle als bei den mittelstarken Systemen, obgleich sie auch bei diesen wichtig genug ist. Die schwachen Systeme dagegen prüft man hauptsächlich darauf, dass sie ein recht ebenes, von Aberrationen freies und scharfes Bild geben; eine grössere Apertur kommt erst bei den Systemen von 10 Millimetern Brennweite abwärts in Betracht.

---

[1]) Carl Zeiss sagt in seinem Cataloge über diesen Punkt Folgendes: „Tubuslänge. Die sämmtlichen in diesem Catalog verzeichneten Objective sind auf die übliche Tubuslänge der continentalen Stative (150—170 mm) justirt. Die Objective a, aa, A, B, C, D können jedoch ohne wesentliche Einbusse auch an Stativen englischen Modells mit 10zölligem Tubus benutzt werden. Dasselbe gilt für F und die stärkeren Immersionslinien von J an, indem bei diesem die Abweichung entweder im Spielraum der Deckglascorrection liegt oder, bei fester Fassung, nur in einer geringen Verminderung der erforderlichen Deckglasdicke zur Geltung kommt. Die Trockenobjective AA, BB, CC, DD, E, G, H, dagegen, sowie die Objective für homogene Immersion geben in ihrer gewöhnlichen Justirung an Stativen englischer Form mehr oder minder mangelhafte Wirkung, in Folge der starken Verschiebung der sphärischen Correction, welche der veränderte Bildabstand herbeiführt." Aehnlich ist es bei anderen Firmen.

[2]) V. J. 1896 (Nr. 19).

Dass man sich unter den an einer solchen Quelle erhältlichen Objectiven diejenigen aussuchen wird, die die relativ reinsten und deutlichsten Bilder erzeugen, versteht sich von selbst.

Zu diesem Zwecke muss man eben die Objective prüfen. Nachdem wir oben eine Anleitung gegeben haben, wie man die Stative auf ihr Centrirungsvermögen prüft, werden wir im Folgenden darzustellen trachten, wie man den optischen Theil, d. h. Objective und die mit ihnen verbundenen Oculare direct, durch Betrachtung gewisser auf ihre Leistungsfähigkeit natürlicher Objecte prüft. Die quantitative Prüfung erfolgt mit den Nobert'schen Platten[1]) also künstlichen Objecten, die qualitative, mittelst der bereits oft erwähnten Probeobjecte, welche der organischen Natur entnommen werden.

So wie man bei der chemischen qualitativen Prüfung einer Substanz mitunter deren Gehalt an verschiedenen Elementen approximativ abschätzen kann, so kann man mit der qualitativen Leistungsbeurtheilung des optischen Vermögens der Mikroskope eine Schätzung des optischen Vermögens in Zahlen verbinden, da man die durchschnittlichen Grössenverhältnisse und Abstände in den als Probeobjecten benützten organischen Körpern durch Messung (von dieser wird weiter unten gehandelt werden) leicht kennen lernen kann. Auch gibt es Tabellen, welche auf Grund der Durchschnittsergebnisse vieler und mit aller Sorgfalt ausgeführter Messungen solcher Probeobjecte die nöthigen Daten enthalten.

§ 53. Bevor man jedoch zu der directen Prüfung des optischen Theiles schreitet, betrachtet man zunächst die Ocularlinsen und dann auch die Objectivlinsen, soweit sie ohne das System zu zerlegen, zugänglich sind, ob dieselben keine Striche oder Schlieren, Ritzen und dergleichen äusserlich aufweisen. Dazu kann man sich zweckmässig einer Lupe bedienen. Auch ist es gut, die stärkeren Oculare mit der Collectivlinse an das Auge anzuhalten und dann eine Nadelspitze oder dergleichen, die man vor dem Ocularglase näher und weiter rückt, bis man dieselbe am deutlichsten sieht, durch das zu prüfende Ocular zu betrachten. Ein gutes stärkeres Ocular muss in dieser Lage wie eine gute Doppel-Lupe wirken und muss daher die Nadelspitze vergrössert, aber möglichst wenig verzerrt erscheinen. Hat man das Ocular oder vielmehr die Oculare des Mikroskopes auf diese Art probirt, so schraubt man an den Tubus das schwächste der zu prüfenden Systeme an, entfernt alle Blenden, respective gibt bei Drehscheibenblenden der Scheibe jene Lage, bei welcher die grösste Blendöffnung unter die Lichtöffnung der Tischplatte zu stehen kommt und stellt nun das Mikroskop auf drei Fuss von einem nicht von der Sonne beschienenen Fenster oder in eben solche Distanz von einer hellbrennenden, mit gleichmässig matt geschliffener Glaskugel versehenen Petroleum- oder Gasglühlichtlampe auf. Während man nun durch das Objectiv, welches man mittelst der groben Einstellung auf die beiläufige Brennweitendistanz[2]) vom Objecttische einstellt, schaut, schiebt man den Spiegel so lange hin und her, bis man das kreisrunde Gesichtsfeld möglichst hell und gleichmässig erleuchtet sieht und dabei der Spiegelarm senkrecht auf der Objecttischebene steht. Man nennt eine solche Beleuchtung eine centrische, im Gegensatze zur excentrischen oder schiefen. Nun achtet

[1]) Die Nobert'schen Probeplatten heissen so nach ihrem Verfertiger Nobert, Optiker zuerst in Greifswald dann in Barth (Pommern), welcher mittelst einer feinen Theilmaschine in eine Glasplatte mehrere Gruppen von Linien (Strichen), welche in bestimmten Abständen von einander sind — einritzte, sodass bei jeder folgenden Gruppe die Linien etwas dichter beisammen stehen, als bei der vorhergehenden und daher schwerer zur Abbildung gelangen. So enthielt die erste Gruppe einer aus 30 Gruppen bestehenden Platte 7 Linien, welche von einander 0·002256 mm entfernt waren; die 10. Gruppe z. B. enthielt 22 Striche je 0·000620 und die 30. gar circa 46 Striche je 0·00082 mm von einander entfernt Nobert legte eigentlich die Pariser Linien zu Grunde und bezeichnete z. B. eine Gruppe als $\frac{1}{8000}$''' d. h. dass dabei eine Linie in 8000 Theile getheilt ist und 1 Strich vom andern $\frac{1}{8000}$ Linie entfernt ist. Wir werden noch darauf zurückkommen. Die letzte Platte Noberts enthält blos 19 Gruppen

[2]) Die Brennweite eines Objectives ist stets in dem Cataloge der Firma, welche das Objectiv erzeugt hat, genau angegeben, sodass man selbe nicht erst mittelst Versuches (vgl. Dr. A. Zimmermann, „Das Mikroskop". Leipzig und Wien bei Franz Deuticke 1895, S. 114) zu bestimmen braucht.

man darauf, dass das Gesichtsfeld eine scharfe, farbenfreie Begrenzung hat. Hat das Instrument ausziehbaren Tubus, so schiebt man diesen ganz ein und sieht durch das Ocular; es muss der Rand des Gesichtsfeldes ebenso kreisrund und scharf sein wie früher, obgleich er etwas kleiner erscheint; zieht man den Tubus aus, muss das Gesichtsfeld scheinbar grösser werden, aber dennoch kreisrund und scharf abgegrenzt bleiben. Nun nimmt man eine Glasplatte, wie sie zur Aufnahme von mikroskopischen Präparaten dient, d. h. einen sogenannten Objectträger und beschmutzt dessen Oberfläche leicht mit dem Finger, indem man mit demselben über die Fläche der Glasplatte hinüberfährt. Bei ebenem Gesichtsfelde und gutem Definitionsvermögen muss diese dünne Schmutzschichte, welche aus feinen Pünktchen und Streifen zusammengesetzt erscheint, sich in allen Theilen gleich deutlich zeigen, ohne dass man die feine Einstellung zu ändern braucht, nachdem man dieses Object in ähnlicher Weise, wie dies oben bezüglich der Einstellung auf die Blendöffnung angedeutet wurde, scharf eingestellt hat. Bei stärkeren Vergrösserungen muss man dabei die Schmutzschichte mit einem Deckelglase bedecken. Was ein Deckglas ist und wie es wirkt, wurde oben bereits angedeutet; ich erwähne hier nur, dass Objectträger und Deckgläser, sowie auch Probeobjecte jedem completen Mikroskope beigegeben zu sein pflegen.

Kann man noch selbst mit dem Einstellen nicht umgehen, lasse man sich vom Verkäufer für dessen Auge scharf einstellen und probiere dann durch Hin- und Herdrehen der Mikrometerschraube ein recht scharfes Bild zu erhalten; dabei hüte man sich, zu rasch den Tubus zu senken, da man dabei leicht das Deckglas zerdrückt.

§ 54. Bei stärkeren Objectivsystemen prüft man die Definitionskraft meist gleichzeitig mit deren Auflösungsvermögen; eine separate Prüfung der Definitionskraft der stärkeren Systeme wird meist nicht vorgenommen, empfiehlt sich aber doch.[1] Ich bediene mich zu derselben der Haare einer Fledermaus, am besten der sogenannten Hufeisennase, in Canadabalsam eingelegt.



Fig. 72.

Einige dieser Haare zeigen sich bei schwächerer Vergrösserung wie Fig. 72*a* andeutet. Bei stärkerer und sehr gutem Definitionsvermögen geben dieselben ein Bild wie bei *b*; ist das Definitions- und Auflösungsvermögen gut vereinigt, so zeigt sich das Pigment dieser Haare, welches die grannenartigen Hervorragungen dunkel gestreift erscheinen lässt, in lauter scharf von einander getrennten Pünktchen abgelagert, so dass jeder Grannenstreifen in eine Reihe Punkte aufgelöst erscheint. Die Deutlichkeit wächst hier mit Anwendung stärkerer Oculare bis zu einer gewissen Grenze, das heisst, die sogenannte Formerkennbarkeit wird gesteigert, wenn die Oculare gut sind — wenn auch das Objectiv dasselbe bleibt.

Bei guter Tiefenwirkung werden die im Kreis gleich den Grannen einer Aehre um die Achse des Haares herumstehenden Strahlen auch auf der entgegengesetzten Seite, das heisst jener, die dem Spiegel zugekehrt ist, ohne

[1]) Für eine exacte Prüfung dient die sogenannte Abbe'sche Testplatte, welche ohnehin mit einer Gebrauchsanweisung versehen ist, die den Verfasser dieses Leitfadens der ausführlicheren Beschreibung dieses Probeobjectes entheben dürfte. Zeiss beschreibt dasselbe in seinem Cataloge, wie folgt: „Testplatte nach Abbe“ zur Prüfung der Objective auf ihre sphärischen und chromatischen Abweichungen und zur Bestimmung derjenigen Deckglasdicke, für welche die beste Correction besteht. — Sechs Deckgläser von genau bestimmter und an ihnen angegebener Dicke (0·09 bis 0·24 mm) neben einander auf einen Objectträger gekittet, an ihrer unteren Fläche versilbert und mit eingerissenen Linien versehen, deren Contouren das Probeobject bilden. Zum Gebrauche mit dem Abbe'schen Beleuchtungsapparat.“

wesentliche Einstellungsänderung gleichzeitig mit den anderen scharf gezeichnet hervortreten. Ein Mikroskop, welches gut begrenzt und ein gutes eigentliches Penetrationsvermögen[1]) besitzt (nicht zu verwechseln mit dem von sehr vielen Mikroskopikern[2]) nach englischem Vorgange „penetrating power“ genannten Auflösungsvermögen) zeigt die Bilder alle, wie gestochen. Dass dabei keine farbigen Ränder sich zeigen dürfen, höchstens sehr schmale Säume (welche bei den Apochromaten fast ganz beseitigt erscheinen), haben wir schon oben, bei Erörterung der Aberrationen, besprochen. Nicht verwechselt werden dürfen mit farbigen Bändern auch die Interferenzfarben, welche bei zarten Gittern, Streifungen und dergleichen bei schiefer[3]) Beleuchtung manchmal zur Ansicht kommen, aber bei Aenderung der schiefen Beleuchtung in eine centrale sofort verschwinden.

Zur directen Prüfung der Tiefenwirkung und Begrenzung und der damit zusammenhängenden Achromasie und Apochromasie eignen sich sehr viele Objecte organischen Ursprunges, so namentlich die Querschnitte von Nadelhölzern mit den Tüpfelzellen und dergleichen; die Erörterung aller dieser Objecte würde aber für einen Leitfaden zu weitwendig sein.

§ 55. Auch das Auflösungs- oder Abbildungsvermögen, das mit der Apertur zusammenhängt, wird praktisch durch die Besichtigung gewisser, traditionell zu diesem Zwecke bereits vielfach erprobter Objecte, der sogenannten Probeobjecte, auch Testobjecte (testimonium, das Zeugnis) geprüft.

Diese Prüfung erfordert freilich eine gewisse Fertigkeit im Einstellen, die der Anfänger selten hat, sich aber gerade beim Studium der Probeobjecte leicht aneignen kann, da der Verkäufer, der in der Regel in der Einstellung sehr geübt ist, ihm die Handgriffe sozusagen vormacht. Regel ist, dass beim Einstellen überhaupt und namentlich bei Prüfung eines Mikroskopes die für die feine Einstellung dienende Schraube beständig zwischen den Fingern spielen muss. Dr. Zacharias sagt darüber sehr schön: „... sie ist sozusagen das Organ, mit dem wir den zu untersuchenden Gegenstand in allen seinen verschiedenen Theilen unserer Anschauung nahe bringen. Das Sehen „„mit fühlender Hand““, von dem Goethe in einer seiner römischen Elegien spricht, hat seinen guten Sinn auch für den vorliegenden Fall“.

Als Testobjecte sind viele organische Objecte, namentlich Schuppen von den Flügeln der Schmetterlinge und die ausgeglühten Kieselpanzer verschiedener mikroskopischer Algen (Diatomeen)[4]) in Gebrauch gekommen.

Hier wollen wir nur die gebräuchlichsten anführen und bemerken gleich, dass sich die Bilder derselben, die man im Miskroskop sieht, im Holzschnitte blos andeuten, nicht aber getreu wiedergeben lassen und bitte diesbezüglich die Leser um weitgehendste Nachsicht. Bei Prüfung der folgenden Testobjecte verfährt man — wie oben bei Besichtigung der Fledermaushaare — die auch ein Testobject sind — angegeben wurde, nur muss man einige Modificationen an der Beleuchtung vornehmen. Und nun zur Sache.

---

[1]) Ist gleichbedeutend mit dem im § 27 u. ff. dieses Leitfadens besprochenen „Tiefenwirkungsvermögen“.

[2]) Z. B. in Dr. Mez's neuester (8.) Auflage von Dr. Hermann Hager's „Das Mikroskop“, Berlin. Verl. v. Julius Springer, 1899, Seite 54 und ff.

[3]) Berusst man an einer Flamme ein Deckgläschen und ritzt mit einer feinen Nadelspitze zarte Zickzacklinien hinein, die dann als Object mit einem zu prüfenden Objectiv und schwachen Ocular betrachtet, als helle Linien auf dunklem Grunde erscheinen, so dürfen freilich auch bei schiefer Beleuchtung nur schmale Farbsäume vom secundären Spectrum herrührend (rosa, violett und gelblichgrün) sich zeigen. Gute Apochromaten sollen freilich auch diese Probe, ohne Farben zu zeigen, bestehen, wenn man ein Compensationsocular anwendet. Da eine vollständige Compensation durch Vereinigung der Strahlen zweier Farben nur für einen ganz bestimmten Neigungswinkel möglich ist, so zeigen auch die bestcorrigirten achromatischen Objective bei sehr schiefer Beleuchtung Farben an den Objecten. Besonders auffallend zeigt sich dies an scharfcontourirten Objecten. Bringen wir z. B. einen undurchsichtigen Körper, etwa einen $^1/_{20}$ mm starken Platindraht als dunkles Object auf hellem Grunde unter das Mikroskop und stellen den Spiegel excentrisch nach rechts, so zeigt sich bei Untercorrection rechts röthlich gelbe, links bläuliche und bei Uebercorrection rechts bläuliche und links röthlich gelbe Färbung. Bei Uebercorrection herrscht die bläuliche bei Untercorrection die röthliche Färbung vor. Vgl. §§ 10 und 32 oben.

[4]) Es gibt eine ungeheuere Anzahl solcher Diatomeenarten und unter derselben Species viele Varietäten Der Catalog des Diatomeenpräparators Ed. Thum in Leipzig (Johannis-Allee), führt z. B. 130 Varietäten von Pleurosigma an.

Hugo von Mohl, eine berühmte Autorität in der Mikrographie, empfahl im Jahre 1846 die lichter gefärbten Schuppen auf den Vorderflügeln des Weibchens von Hipparchia Janira (jetzt „Epinephele" genannt) als Testobject. Man betrachtet dasselbe bei centrischer Beleuchtung und nimmt zweckmässig eine mittelgrosse Blendöffnung[1]) vor die Lichtöffnung des Objecttisches, je nachdem eben die Beleuchtung schwächer oder stärker ist und man Alles deutlich sieht, ohne dass das Auge geblendet und ermüdet wird.

Fig. 72 *c* zeigt eine solche Schmetterlingsschuppe von Hipparchia Janira in 370facher Linearvergrösserung. Ausser den schon bei schwachem Auflösungsvermögen sichtbaren, kräftigen Längsstrichen müssen an diesen Schüppchen noch feine, auf den Strichen senkrecht stehende, also in der Zeichnung horizontale Querlinien sich zeigen. Unsere heutigen mittleren Systeme lösen bei 200maliger Vergrösserung diese Aufgabe spielend, obgleich diese Querlinien blos einen Abstand von $^1/_{1200}$ *mm* haben, während zu Hugo von Mohl's Zeit ein gutes Instrument erst bei 300maliger Vergrösserung diese Aufgabe löste. Man kann also sagen: Ein modernes Objectivsystem, welches mit einem mittleren Ocular 200mal vergrössert und spielend die Schuppen von Hipparchia Janira auflöst, hat ein Auflösungsvermögen von $^1/_{1200}$ *mm*, das heisst, es lässt Zwischenräume von $^1/_{1200}$ *mm* leicht erkennen; insoferne hat man also, wie oben erwähnt, durch die qualitative Prüfung bekannter Objecte eine annähernd richtige Schätzung für das Maass der Leistung. Man sieht also schon hier, dass das heutige Objectiv bei 200maliger Vergrösserung mehr leistet als ein Objectiv von 300maliger Vergrösserung aus der Mitte dieses Jahrhundertes und es ergiebt sich aus Vorgesagtem schon der Satz, dass ein Objectivsystem desto besser ist, bei je geringerer Vergrösserung es eine gegebene Aufgabe, z. B. das Auflösen eines Testobjectes bewältigt. Es verhält sich also nach dem Gesagten ein System aus Mohl's Zeit zu einem modernen umgekehrt wie $^{300}/_{1200} : ^{200}/_{1200}$ oder $3:2$, welches Verhältniss nichts ist, als der mathemathische Ausdruck für obigen Satz, und welcher in umgekehrter Form, nämlich $2:3$, das Verhältniss der Leistungsfähigkeit eines älteren Systems zu dem erwähnten modernen angiebt.

Ausser den Schuppen von Hipparchia Janira hat man solche von Pieris brassicae, Podura plumbea, Macroglossa stellatarum, Lepisma sacharina und anderen Insecten verwendet, doch sind namentlich für die stärkeren Systeme viele als zu leicht auflösbar ausser Gebrauch gekommen und man verwendet die obenerwähnten Kieselpanzer der Diatomeen entweder trocken, d. h. nicht eingeschlossen in einer Flüssigkeit, sondern ohne eine solche auf dem Deckglase durch Anschmelzen befestigt, sodass sie in Luft eingeschlossen erscheinen[2]), oder in einer Einschlussflüssigkeit mit stärkerem Brechungsvermögen, wie Canadabalsam oder Flüssigkeiten von noch höherem Brechungsindex, wie Monobrom-Naphtalin, Styrax, Realgar, Quecksilberjodid u. dgl. als taugliche Testobjecte. Das gebräuchlichste ist Pleurosigma angulatum, neuerer Zeit Scalprum angulatum genannt, wovon es zwei Spielarten, eine etwas leichter auflösliche aus der Nordsee und eine etwas schwerer lösliche mehr scharfkantig rautenförmige aus der Ostsee giebt.

Fig. 73 zeigt in *a* die erstere, in *b* die letztere Form, beide 200mal vergrössert. Die erstere findet sich meist auf den Präparaten von Bourgogne in Paris, die letztere bisweilen auf jenen von Moeller in Wedel (Holstein),

[1]) Wem eine Irisblende zur Verfügung steht, erweitert und verengt dieselbe nach Bedarf.

[2]) Solche Probeobjecte sich selbst herzustellen, ist für den Anfänger im Präparieren unmöglich, wie sich dies von selbst versteht und man ist daher darauf angewiesen, sich solche anzuschaffen, falls sie nicht, wie dies übrigens renommirtere Firmen stets zu thun pflegen, seitens des Verkäufers eines Instrumentes als willkommene Zugabe geliefert wurden. Möller in Wedel in Holstein und C. Rodig in Hamburg stellen übrigens Testplatten her, welche eine ganze Reihe nach der Schwierigkeit ihrer Auflösung geordneter, in je einem Exemplare vorhandener Diatomeen enthält. Auch das Institut von E. Thum in Leipzig fertigt Test- und Typenplatten in reichster Auswahl, von denen einzelne 1000 Exemplare enthalten.

Rodig in Hamburg und Boecker in Wetzlar. Pleurosigma angulatum muss, wenn gut und rein präparirt[1]), schon bei Betrachtung mit freiem Auge am Präparate einen herrlichen bläulichen oder gelblichen Schillerglanz zeigen, wenn man es am auffallenden Lichte hin und her wendet und schief darauf hinsieht, ein Farbenglanz, der von eigenthümlicher Lichtbrechung und Interferenzerscheinungen an den äusserst fein geriefelten Oberflächen der Kieselpanzer herrühren dürfte, sich unter dem Mikroskope bei schwächeren Vergrösserungen und sehr schiefer Beleuchtung, welche, wie im § 41 auseinander gesetzt wurde, ähnlich wie die Dunkel-Feldbeleuchtung mit der Sternblende wirkt, ebenfalls zeigt und ja nicht auf Rechnung mangelhafter Achromasie des benützten Systems gestellt werden soll. Diese schiefe Beleuchtung, welche durch excentrische Stellung des Spiegels (Hohlspiegels) an dem drehbaren Arme desselben bewirkt wird, ist nöthig, um schwächere Systeme zu probiren.

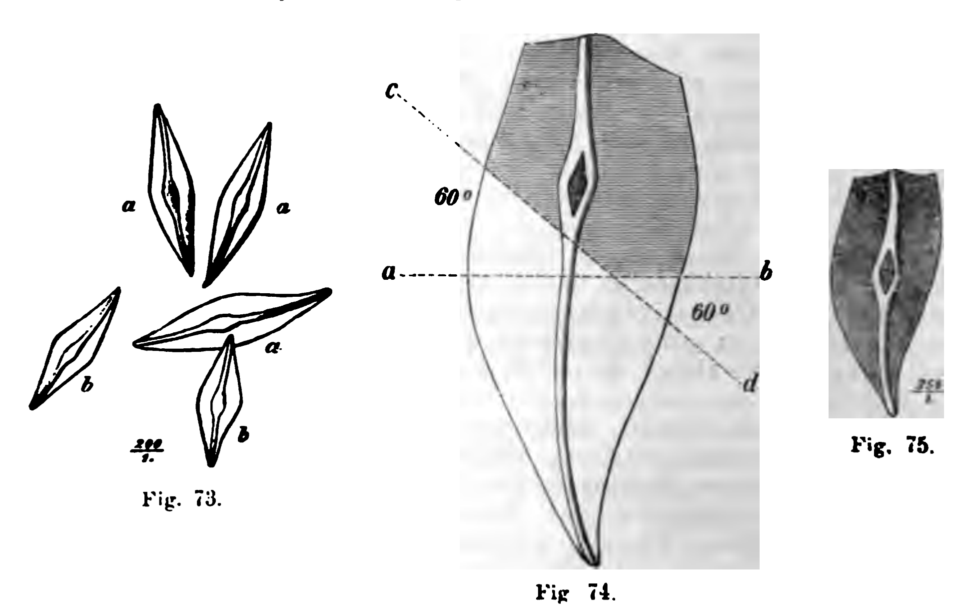


Fig. 73. Fig. 74. Fig. 75.

Bei 200maliger Vergrösserung und centrischem Lichte, etwa unter Zuhilfenahme einer Blende, sieht man nichts als die Umrisse und die Mittelrippe, wie in Fig. 73.

Bei sehr excentrischer Stellung des Spiegels und gutem Lichte sieht man zuerst die erwähnte schillernde Färbung, welche bei etwas ermässigter Excentricität der Spiegelstellung eine leichte Streifung erkennen lässt, wie Fig. 74 schematisch andeutet.

Hat man einen drehbaren Tisch oder einen Abbe'schen Beleuchtungsapparat, welcher schiefe Beleuchtung und Rotation des Blendenträgers bei excentrisch gestellter Blendung gestattet, am Stative und dreht denselben, so sieht man einmal die Schraffirung in der Richtung $c\,d$, dann eine solche in der Richtung $a\,b$ auftauchen. Sieht man genauer zu, oder erhöht die Formerkennbarkeit durch ein stärkeres Ocular, so kreuzen sich scheinbar die Linsensysteme $a\,b$ und $c\,d$ unter Winkeln von 60 Graden und es scheint der Kieselpanzer

[1]) Die Pleurosigmen werden in Luft (also trocken) eingelegt benützt.

In Luft trocken eingelegt, werden einige Structuren, wie z. B. jene der Grammatophora und Amphipleura zu unvollkommen gelöst, während die Zeichnungen der Pleurosigmen in Luft leichter lösbar sind.

Monobrom-Naphtalin eignet sich für alle Testdiatomeen am besten, da es die Structuren am leichtesten erscheinen lässt und dabei ein scharfes Bild gibt.

In Styrax werden die Diatomeen etwas mehr aufgehellt und verlangen zur Auflösung ihrer Zeichnung [illegible] stärkere Systeme.

mit Rauten bedeckt zu sein, wie Fig. 75 bei 350maliger Vergrösserung zeigt. Bei noch stärkerer Vergrösserung, z. B. Reichert's, Merker's oder Ebeling's Nr. 7 mit einem stärkeren Ocular (etwa 4 oder 5) sieht man kleine, schwarze Sechseckchen, die aus den bisher gesehenen, dicker erscheinenden Liniensystemen und neu hinzugekommenen zarteren gebildet werden. Starke Oculare mit mittelstarken Linsen oder schwächere Oculare, combinirt mit starken Immersionssystemen, zeigen ein Bild wie Fig. 76, und zwar wenn man von der schiefen Beleuchtung zur centrischen übergeht, insoferne in anderer Weise, dass die bisher schwarzen Contouren sich in lichte, sechseckige Umwallungen verwandeln.

Die stärksten Wasserimmersionen combinirt mit gewöhnlichen starken Ocularen nach Huyghens oder Ramsden zeigten dann ein Bild, wie Fig. 77. Die neuesten Apochromaten mit Compensationsocularen lösten schliesslich die Sechsecke wieder in Kreise auf, zwischen welchen eigenthümliche perlenartige Punkte auftreten. Deshalb entstand ein Streit über die wahre Gestalt der Zeichnung bei Pleurosigma angulatum, welcher noch forttobt. Der berühmte Professor Abbe in Jena erhob jedoch seine Stimme und betonte, dass der Streit insoferne ein müssiger sei, als die Bilder derartiger Testobjecte der Wirklichkeit kaum conform sein dürften, weil sie ein Product von complicirten Beugungs- und Diffractionserscheinungen sind. Dr. Abbe hat in seiner epochemachenden Abhandlung: Beiträge zur Theorie des Mikroskopes und der mikroskopischen

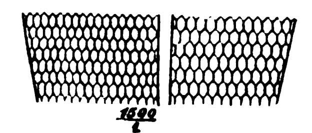


Fig. 76.

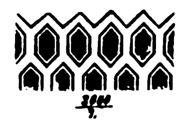


Fig 77.

Wahrnehmung (Archiv für mikroskopische Anatomie 1873, Bd. 9, S. 413) zuerst auf den fundamentalen Unterschied in der Abbildung selbstleuchtender und nicht selbst leuchtender, sondern von einer anderen Lichtquelle beleuchteter Objecte hingewiesen. Die ältere Theorie des Mikroskopes hat nun die für Lichtquellen (z. B. eine Kerze, ein Fenster, die Sonne etc.) experimentell erprobten Abbildungsgesetze auch auf das Mikroskop angewendet.

§ 56. Der Einfachheit halber sind auch wir in diesem Leitfaden bisher stets von dieser Theorie der sogenannten primären oder geometrischen Abbildung ausgegangen (vgl. § 5 u. ff.). Dr. Abbe hat an die Stelle dieser Theorie die sogenannte „Theorie der secundären Abbildung" gesetzt, welche er ohne Einschränkung auf alle nicht selbstleuchtenden Körper angewendet wissen will. Dieselben bedürfen nämlich, um gesehen werden zu können, der Beleuchtung durch eine fremde Lichtquelle und die von dieser ausgehenden Strahlen erleiden durch Reflexion, Absorption oder Brechung eine Ablenkung, welche bewirkt, dass die Bedingungen der Abbildung hier ganz andere sind, als jene von selbstleuchtenden Körpern. Hier entstehen die Bilder des beleuchteten Objectes durch Interferenz der einzelnen Elementarwellen, welche von den sogenannten Beugungsspectren ausgehen. Dr. Abbe hat nun auf mathematischem Wege nachgewiesen, dass nur dann ein vollkommen ähnliches Bild einer Structur entsteht, sobald von dem betreffenden Objective das gesammte Beugungsbild aufgenommen wird, dass dagegen von einer Structur überhaupt nichts im mikroskopischen Bilde sichtbar ist, wenn nicht ausser dem directen (weissen) Bilde der Lichtquelle mindestens **ein** Beugungsspectrum in das betreffende Objectiv gelangt. Es lassen sich

nun ganz gut alle Mittelstufen zwischen diesen Extremen denken und das Structurbild wird sich also der Wirklichkeit nähern, je mehr Beugungsspectra in das Objectiv gelangen.

Experimentell hat diese Erscheinungen Dr. Abbe durch die sogenannte Diffractionsplatte gezeigt. Zeiss beschreibt dieselbe in seinem Katalog wie folgt:

Diffractionsplatte nach Abbe, zur Demonstration der Wirkungen der Beugung bei der Entstehung der mikroskopischen Bilder (Monthly Micr. Journ. Febr. 1877; Zeitschr. f. Mikroskopie, II. Jahrg. Heft 2). — Drei an ihrer unteren Fläche versilberte Deckgläser mit eingerissenen Liniengruppen in Form von einfachen Gittern und Kreuzgittern, neben einander auf einem Objectträger aufgekittet.

Mit Hilfe dieser Platte lassen sich unter Anderem Bilder hervorbringen, welche der wahren Structur der eingerissenen Liniengruppen (die ja bekannt ist) nicht entsprechen und das in dieser Weise erzeugte Beugungsbild stimmt in Schärfe und Aussehen dennoch mit einem normalen mikroskopischen Bilde derart überein, dass der unbefangene Beobachter dasselbe gewiss für das getreue Abbild einer wirklich vorhandenen Structur halten würde.

Ganz ähnliche Täuschungen dürften nun bei der Beobachtung der Streifenbilder der Diatomeen sich ergeben. Das Verschwinden und Auftauchen von Streifen, wie wir es bei Aenderung des Einfallswinkels der schiefen Beleuchtung bei Pleurosigma angulatum (Fig. 74) kennen gelernt haben, — lässt sich experimentell mit den Diffractionsplatten Abbe's nachahmen.

Umgekehrt lässt sich einer der mit der Diffractionsplatte von Dr. Abbe angestellten Fundamentalversuche, dass nämlich eine desto grössere Anzahl von Beugungsspectren auftreten, je grösser der Oeffnungswinkel des verwendeten Objectives resp. die numerische Apertur desselben ist, aus welchem Versuche im Zusammenhalte mit dem Vorausgeführten erklärlich wird, weshalb Abbildungsvermögen und Oeffnung in einem Verhältnisse stehen, dass das erstere mit Zuhilfenahme der letzteren wächst — auch mit unserem Pleurosigma ausführen. Schraubt man nämlich an den Tubus eines mit einer Blendung versehenen Statives eine starke Linsencombination, z. B. eine Oelimmersion und blickt, nachdem man vorher auf ein Pleurosigma eingestellt hat, nach Wegnahme des Oculares durch den Tubus, bis man das Bild der Blendung verkleinert sieht, so beobachtet man, insbesondere wenn man das Auge über der Tubusöffnung in horizontaler Richtung hin- und herbewegt, um die Blendung herum 6 gleichmässig vertheilte Beugungsspectren. Bei schwächeren Systemen mit geringeren Oeffnungswinkeln reducirt sich die Zahl der Beugungsspectren. Als Blendung kann man zweckmässig ein kreisrundes, geschwärztes, in den Condensor [illegible] das Sabstage oder den Cylinder einer Schlittenblende passendes Stück [illegible] verwenden, in das man diametral einen höchstens 0·5 *mm* breiten Spalt [illegible] Aber auch ohne den Spalt, wenn man das Pleurosigma [illegible] und dann das Ocular entfernt, sieht man, wenn man [illegible] Objectivöffnung erleuchtet und am Rande des [illegible] symmetrisch vertheilt, sechs halbkreisförmige [illegible] Bau nach innen gekehrt erscheint.

§ 57. Als Testobjecte, aus denen man auf die Güte resp. Leistungs[illegible] schliessen kann, sind diese mit feinen Streifungen

[illegible] Mikroskop kern an [illegible] man auf den Rand [illegible] erscheinen und die Felder sollen bei [illegible] verschwinden. Ist nun [illegible] die Zeichnung tiefer zu liegen [illegible] um auch die Zeichnung scharf [illegible] gleichsam über der Schale [illegible] im § 9 oben aber die wirkliche

ausgestatteten Diatomeenpanzer also jedenfalls sehr geeignet, aber aus den gesehenen Bildern einen apodictischen Schluss auf die Structur zu ziehen, wäre nach dem Vorgesagten voreilig, denn mit den Fortschritten der Objective haben sich mitunter neue Bilder ein und desselben Objectes ergeben, insoferne es sich um sehr fein gestreifte Objecte, wie die Kieselpanzer der Diatomeen handelt, wer bürgt dafür, dass ein neuer Fortschritt in der Optik uns die Structur z. B. des Pleurosigma angulatum noch anders zeigt, als unsere jetzigen Apochromatoelimmersionen, welche jene obenerwähnten Sechsecke in Kreise mit dazwischen liegenden dunklen Punkten auflösen? Sind solche Fortschritte überhaupt denkbar? Wir kommen damit unwillkürlich auf die Grenzen der optischen Wahrnehmung durch Objectivsysteme zu sprechen. Nach der sogenannten Undulationshypothese besteht bekanntlich das Licht in einer Wellenbewegung des Lichtäthers und zwar schwingen die Theilchen des hypothetischen Lichtäthers in einer auf die Fortpflanzungsrichtung des Lichtstrahles senkrechten Richtung.

Die Lichtwellen haben eine gewisse Länge, welche für Licht von verschiedener Spectralfarbe verschieden ist; so besitzt Violett die kürzesten, Roth die längsten Wellen[1]. Die Wellenlänge hängt aber auch von dem Medium ab, durch welches das Licht hindurchgeht. Die Wellenlänge und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit sind beim Lichte umgekehrt proportional dem Brechungsindex.

Je höher der Brechungsindex eines Mediums ist, durch welches man Licht hindurchsendet, desto geringer wird die Wellenlänge. Diese theoretischen Sätze, welche theils experimentell nachgewiesen, theils mathematisch herausgerechnet wurden, müssen wir uns vor Augen halten, um das Nachstehende verstehen zu können.

Wir haben oben erwähnt, dass wenigstens ein Beugungsspectrum ausser dem directen von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlenbüschel in das Objectiv gelangen muss, damit etwas von der Structur (z. B. Streifensysteme wie bei Pleurosigma angulatum oder einem ähnlichen Probeobject) sichtbar werde.

Je mehr Beugungsspectren in das Objectiv gelangen, desto ähnlicher wird das im Mikroskop gesehene Bild dem wahren Structurbilde. Diese Beugungsspectren werden von Lichtstrahlenbüscheln geliefert, welche wir Beugungsbüschel nennen wollen, und diese Beugungsbüschel bilden mit der optischen Achse gewisse Winkel. Die Gelehrten, welche sich mit der Erforschung der Gesetze des Lichtes mit besonderer Berücksichtigung des Mikroskopes befasst haben, haben durch mathematische Berechnung gefunden, dass der **sinus** (eine trigometrische Function) eines solchen — nehmen wir an mit α bezeichneten — Winkels, den ein Beugungsbüschel, welches wir beispielsweise herausgreifen, mit der Achse des Objectives (optische Achse) bildet, zu der Wellenlänge des Lichtes und dem Abstande vom Streifensysteme, respective der Breite der Streifen in einem gewissen mathematischen Verhältnisse steht. Diese Physiker[2] bezeichneten die Wellenlänge mit λ und die Breite der Streifen mit b und bewiesen, dass der sinus des Winkels α gleich ist $\frac{\lambda}{b}$ bei dem ersten Beugungsbüschel (dem nächsten zur optischen Achse) bei dem zweiten, schon entfernteren, $\frac{2\lambda}{b}$, bei dem dritten noch entfernteren $\frac{3\lambda}{b}$.

Es leuchtet auch den Laien in der mathematischen Physik ein, dass wenn man die Wellenlänge des verwendeten Lichtes λ und die Breite der noch aufzulösenden (sichtbar zu machenden) Streifen kennt, diesen Winkel α für die Beugungsbüschel berechnen kann. Da man beim Mikroskopiren am

[1] Von 0·0004 mm bis 0·00076 mm wächst die Wellenlänge (in Luft) im Spectrum von Violett bis Roth.

[2] **Abbe**, **Nägeli** und **Schwendener**, **Czapski**, aber schon früher der berühmte, 1894 verstorbene Physiker **Helmholtz**.

liebsten mit weissem Lichte arbeitet, welches ein Gemisch (wenn man so sagen darf) aus den in den verschiedenen Spectralfarben erscheinenden Lichtstrahlen ist, so hat man hier eine mittlere Wellenlänge für λ anzunehmen und zwar haben „Nägeli und Schwendener“ (siehe deren Buch „Das Mikroskop“, 2. Aufl. Leipzig 1877, I. Theil, Seite 224) diese mittlere Wellenlänge mit 0·0005 *mm* angesetzt. Nehmen wir nun an, wir hätten feine Streifungen von 0·01 *mm* Breite durch das Mikroskop zu beobachten, respective eine solche Streifung aufzulösen. Wie gross wird da der obenerwähnte Winkel α sein müssen? Nägeli und Schwendener haben uns aus der vorangeführten Formel:

$$sin\ \alpha = \frac{\lambda}{b}, \frac{2\lambda}{b}, \frac{3\lambda}{b} \text{ etc.}$$

nicht nur für Streifen von 0·01 *mm* Breite, sondern auch noch für unendlich feinere Streifungen den Winkel α in Graden und Bogenminuten berechnet und entnehmen wir diesen Autoren die nachstehende Tabelle für die Wellenlänge 0·0005 *mm*.

Breite der Streifen in Millimetern	Winkel der Beugungsbüschel mit der optischen Achse
$^{1}/_{100}$ = 0·01	2°52′, 5°44′, 8°38′, 11°32′, 14°30′...
$^{5}/_{1000}$ = 0·005	5°44′, 11°32′, 17°27′, 23°35′, 30°...
$^{3}/_{1000}$ = 0·003	9°35′, 19°28′, 30°, 41°46′, 56°26′, 90°...
$^{2}/_{1000}$ = 0·002	14°30′, 30°, 48°35′, 90°...
$^{3}/_{2000}$ = 0·0015	19°28′, 41°46′, 90°...
$^{1}/_{1000}$ = 0·0010	30°, 90°...
$^{1}/_{2000}$ = 0·0005	90°...

Wir sehen aus dieser Tabelle, dass der Winkel α, den die Beugungsbüschel mit der optischen Axe bilden (insbesondere wenn wir das erste Beugungsbüschel ins Auge fassen), desto grösser wird, je kleiner die Breite der zu betrachtenden Streifen ist.

Nun lehrt eine einfache, hier in diesem Leitfaden der mikroskopischen Technik nicht zu erörternde Erwägung, dass, damit das betreffende Beugungsbüschel in das Objectiv gelange, der Oeffnungswinkel des betreffenden Objectives mindestens so gross sein muss, wie 2 α. Beträgt also die Breite der Streifen z. B. $^{1}/_{1000}$ Millimeter oder der Zwischenraum zwischen 2 Streifen ebensoviel, so muss, damit überhaupt etwas von der Structur sichtbar wird, wenigstens das erste Beugungsbüschel in das Objectiv gelangen und daher die Oeffnung den doppelten Winkel α, das ist 60°, wenigstens erreichen. Für ein Objectiv mit einem Oeffnungswinkel von 60° ist also, vorausgesetzt, dass wir keine anderen noch zu besprechenden Kunstgriffe verwenden, $^{1}/_{1000}$ *mm* Abstand einer Streifung die äusserste Grenze des Auflösungsvermögens. Unter den vielen, als Testobjecte verwendeten Diatomeen hat beispielsweise die „Nitzschia Brebissonii“ einen solchen Streifenabstand von 0·001 *mm*.

Für einen halb so grossen Streifenabstand müsste der Oeffnungswinkel 2 α = 2 mal 90° = 180° betragen; um also von einer Structur, deren Streifung so fein ist, dass die Abstände der Streifen von einander blos 0·0005 *mm* betragen, etwas wahrzunehmen, müsste man unter gewöhnlichen Verhältnissen und ohne Kunstgriffe ein Objectiv von 180° Oeffnungswinkel

haben, ein Winkel, der sich schon aus rein technischen Gründen nicht erreichen lässt.

Wie kommt es nun, dass unsere Objective modernster Construction die Querstreifen der später zu besprechenden, als Testobject häufig benützten Diatomee Surirella gemma, deren Abstand blos 0·00044 beträgt, dennoch deutlich zeigen?

Wir haben gehört, dass der Winkel α berechnet wurde für eine Wellenlänge von 0·0005 *mm*, also für weisses Licht. Würden wir also λ kleiner machen, so würde auch α kleiner $\left(\text{denn } \alpha = \frac{\lambda}{b}\right)$ und der Oeffnungswinkel könnte bei kleinerer Wellenlänge auch kleiner genommen werden, und dennoch einen bestimmten Streifenabstand (b) auflösen.

Man hat dies auch versucht, indem man violettes Licht, dessen Wellenlänge etwa 0·0004 beträgt, als sogenannte monochromatische Beleuchtung verwendete; grössere practische Bedeutung konnte aber eine solche Beleuchtung mit einem uns fremdartigen Lichte nicht erlangen. Auch die durch Photographie dienstbar zu machenden sogenannten ultravioletten Strahlen, welche eine so kurze Wellenlänge haben, dass sie vom menschlichen Auge nicht mehr als Licht empfunden werden, die lichtempfindliche photographische Platte aber noch bedeutend chemisch zu afficiren vermögen, haben in der Mikroskopie bisher noch keine über das Experiment hinausgehende practische Anwendung zur Sichtbarmachung feiner Structuren gefunden.[1])

Dagegen lehrt uns die vorige Erwägung, dass man, um genau vergleichbare Resultate bei Untersuchung von Objectiven auf ihr Auflösungsvermögen zu erhalten, nicht eine beliebige Lichtquelle nehmen soll. Ein blauer Himmel hat kurzwelligeres Licht als ein weisser, ein weisser kurzwelligeres Licht als z. B. eine röthlichgelb angestrichene Wand eines Hauses, auf welche die Sonne scheint und von welcher man etwa in einer engen Strasse mittelst des Mikroskopspiegels Licht zu entnehmen gezwungen ist. Eine Bogenlampe hat kurzwelligeres Licht, als eine Auer'sche Gasglühlichtlampe und diese wieder ein kurzwelligeres Licht als eine electrische Glühlampe, während letztere wieder weit kurzwelligere Strahlen aussendet als etwa ein gewöhnlicher Petroleum-Flachbrenner.

Ich mache daher gleich aufmerksam, dass sich in Ermanglung des oft nicht zu Gebote stehenden Lichtes des heiteren Himmels die von vielen Seiten[2]) zum Mikroskopiren ohnehin empfohlenen Auer'schen Gasglühlichtlampen, welche nunmehr auch dort, wo kein Leuchtgas zu Gebote steht, als Spiritus-, Benzin- oder Petroleumglühlichtlampen zur Verwendung kommen können, als constante Lichtquellen zur gleichmässigen Prüfung von Objectiven schon wegen ihres kurzwelligen, dem besten Tageslichte nicht unähnlichen Lichtes am besten eignen dürften.

Die Wellenlänge des im Mikroskope wirkenden Lichtes lässt sich aber auch durch den in seinen practischen Ergebnissen schon oben angeführten Kunstgriff verringern, dass man nämlich das Licht nicht aus der Luft, sondern aus einem Medium von grösserem Brechungsindex in das Objectiv treten lässt. Die Technik hat diesen Kunstgriff in der Schaffung der Immersionssysteme practisch verwirklicht, ehe noch Dr. Abbe seine Theorie von der secundären Abbildung entwickelt und so das Rationelle dieses Kunstgriffes auch theoretisch begründet hatte.

Da nämlich, wie wir bereits gehört haben, sich die Wellenlänge λ umgekehrt verhält, wie der Brechungsindex des Mediums, so wird auch α und damit der Oeffnungswinkel kleiner werden können, ohne dass das Objectiv aufhört, zur Aufnahme des Beugungsbüschels fähig zu sein, wenn wir anstatt

[1]) Vgl. Dr. A. Zimmermann „Das Mikroskop" S. 59 § 78.
[2]) So z. B. von W. Behrens, Dr. A. Zimmermann u. a. m.

hervor. Die im § 33 A erwähnte structurauslöschende Wirkung erstreckt sich nicht auf feine Streifungen der Oberfläche und so wirkt ein voller (d. h. das Objectiv ausfüllender) Beleuchtungskegel sowie schiefes Licht, weil bei solchem Beleuchtungskegel für die nahe am Rande der Objectivblendung verlaufenden Strahlen die zugehörigen abgebeugten Strahlen ebenso wie bei schiefer Beleuchtung in das Objectiv gelangen und somit in der Bildebene durch Interferenz ein Structurbild erzeugen müssen. Die hohen Aperturen der Abbeschen Beleuchtungs-Linsen-Combinationen (vgl. § 33 A) haben also auch für das resolvirende Vermögen des Instrumentes eine Bedeutung, weil sie die volle Ausnützung der Apertur des Objectives gestatten.

Je besser das Definitionsvermögen (welches man also hier mit dem Auflösungsvermögen zugleich prüfen kann) des Objectives ist, desto zarter und klarer werden durch dasselbe Testobjecte bei centraler Beleuchtung mit vollem Beleuchtungskegel, welche gleichbedeutend mit schiefer wirkt — erscheinen. — Wir erwähnen gleich, dass bei vollem Beleuchtungskegel nicht ein einziges Streifensystem, sondern alle gleichzeitig und gleich deutlich im Bilde der Oberflächenstructur erscheinen.

Wenn aber bei Testobjecten von centraler im Gegensatz von schiefer Beleuchtung die Rede ist, so ist nicht der volle, sondern der abgeblendete Kegel gemeint, da, wie erwähnt, der volle Kegel ebenso wirkt wie schiefes Licht, also die Breite des bei geradem Lichte noch sichtbaren minimalen Streifenabstandes auf die Hälfte zu reduciren gestattet, ohne dass die betreffende Structur unsichtbar wird. Bevor wir wieder zu den Grenzen der optischen Leistung eines Objectives zurückkehren, müssen wir noch hervorheben, dass, wie wir gesehen haben, die Vergrösserung[1]) eines Objectivsystems bei der Erwägung des Abbildungsvermögens gar nicht in Frage gekommen ist. In der That, was der Laie als Hauptsache schätzt, ist dem Fachmanne blos insoferne von Bedeutung, als ein Objectiv umso besser genannt zu werden verdient, bei je geringerer Vergrösserung eine gewisse Structur deutlich erscheint.

Insbesondere eine Steigerung der Vergrösserung durch Oculare vermehrt blos die Formerkennbarkeit; ohne gleichzeitige Steigerung der Apertur vermag dieselbe eher der Schärfe des Bildes zu schaden. In der That, wenn wir unser Pleurosigma durch ein Trockensystem von 0·80 Apertur mit einem gewöhnlichen Huyghens'schen starken Ocular betrachten, so werden wir bei geeigneter Beleuchtung die in Fig. 69 abgebildeten Sechsecke wohl deutlich als solche erkennen, aber selbst bei gut corrigirtem System und passender Deckglasdicke (vgl. § 20) werden die Contouren ähnlich erscheinen, wie ein Druck mit stumpfen Lettern[2]), während sie bei schwächeren Ocularen scharf gezeichnet, wenn auch kleiner hervortreten.

Freilich, je besser ein Objectiv, desto stärkere Ocularvergrösserung verträgt es, denn das Ocular vergrössert auch, falls es sehr stark und kein Compensationsocular, also nicht eigentlich zugehörig zum zu prüfenden System ist (vgl. § 27), die Fehler des vom Objectiv entworfenen Bildes und je „netter“ dieses ist, desto eher wird die Vergrösserung vertragen.

Durch die Compensationsoculare wird zwar diese Vergrösserung der Fehler vermieden und vielmehr (vgl. § 27) eine Correction derselben bewirkt — aber da sie die Wellenlänge nicht verkürzen und die Ausbreitung und Zahl der Beugungsspectren nicht vergrössern, so bleiben für die Fortschritte im Auflösen feiner Structuren blos numerische Apertur (a) (also auch Brechungsindex des Mediums zwischen Deckglas und Frontlinse des Objectives, welcher als n in der Formel $a = n \sin u$ vorkommt), schiefe Beleuchtung und allenfalls Herabsetzung von λ (Wellenlänge) durch Licht von kurzer Wellenlänge übrig.

---

[1]) Vgl. § 24.
[2]) Man verwendet solche starke Oculare daher mehr zum Zählen oder Messen, als zum Beobachten.

durch die besten Objective nicht mehr wahrzunehmen vermochte, also die äusserste Grenze der Wahrnehmung durch das Auge überschritten.

Dr. S. Czapski hat in seinen Abhandlungen, „Die voraussichtlichen Grenzen der Leistungsfähigkeit des Mikroskopes" (Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie Bd. 8, S. 145) und „Ueber ein System von der Apertur 1·60 etc." (Zeitschrift für wissensch. Mikroskopie 1889, Bd. VI, S. 417 u. ff) diese Grenzfrage näher beleuchtet; van Heurek in seinem Buche: „Le mikroskope, sa construction, son maniement, la technique mikroskopique en général etc. Anvers et Bruxelles 1891" eine weitere Hinausschiebung der obigen Grenzen durch Jodmethyl (Brechungsindex 1·74) als Immersionsflüssigkeit vorgeschlagen. Die Objecte, deren Structurdetaills gesehen werden sollen, müssten dann freilich in Einbettungsflüssigkeiten von noch höherem Brechungsindex, also etwa in Gemischen von Bromarsen mit Schwefelarsen (sehr giftig!) von 2·1—2·4 Brechungsindex liegen, denn zarte ungefärbte Structuren werden desto schwerer sichtbar, je weniger sich der Brechungsindex des Objectes von dem umgebenden Medium unterscheidet, Luft wäre also eigentlich am besten und wird für Pleurosigma angulatum und manche andere Testobjecte auch genommen. Würden diese Objecte in Canadabalsam (einem sehr häufig zur Verkittung von Linsen, Präparaten und mikroskopischen Glasgegenständen überhaupt verwendeten, terpentinartigen Harze) liegen, welcher Balsam 1·54 Brechungsindex hat, so beziffert sich die Sichtbarkeit auf 0·11, wenn sie bei Luft, wo $n = 1$ ist, 0·54 beträgt, weil Pleurosigma in seinem Silex (Kieselpanzer) einen Brechungsindex von 1·43, hat und die Differenz von $1·43 - 1 = 0·43$ und von $1·54 - 1·43 = 0·11$ beträgt, welche Differenzen sich umgekehrt verhalten, wie die Sichtbarkeit. Ein Glasstab aus Crownglas muss im Immersionscedernholzöl ganz unsichtbar werden, da sowohl Oel als Glasstab denselben Brechungsindex von 1·52 haben sollen. Man muss deshalb stets bei Testobjecten angeben, ob sie trocken, in Balsam, oder einer anderen Einbettungsflüssigkeit liegen. In Balsam sind sie schwerer zu lösen als trocken, warum, wurde eben erklärt. Da aber wegen der Lichtverluste durch Totalreflexion für hohe Aperturen, wie homogene Immersionen oder gar die Monobromnaphthalin-Immersion solche aufweisen, ein Einlegen der Objecte in Luft ausgeschlossen und der Silex mit Brechungsindex 1·43 sich von dem Balsam zu wenig abhebt, so musste man daran denken, bei solchen Immersionen die Objecte in Flüssigkeiten mit noch höherem Brechungsindex als ihn die Immersionsflüssigkeit besitzt (z. B. bei Cedernholzöl ist $n = 1·515$), zu legen oder wie der Fachausdruck lautet: „einzubetten".[1]) Die Immersionsflüssigkeiten von höherem Brechungsindex gestatteten also die mächtigsten Fortschritte.

Dass solchen Fortschritten gegenüber die 19. Gruppe der neueren Nobert-Tafel, deren Streifen blos 0·00022 *mm* entfernt sind, nicht Stand hält, ist klar, aber ebenso sicher ist, dass wir bei organischen Probeobjecten, wie den Diatomeen, also wie z. B. Pleurosigma angulatum, nicht wissen können, ob nicht ausser den heute schon sichtbar gemachten Streifensystemen noch viel feinere, unter die Grenze von 0·0015 *mm* Streifenabstand herabgehende Structuren vorkommen, welche unsere Objectivsysteme niemals richtig abzubilden im Stande wären. So kommen wir dahin zurück, von wo wir ausgingen, dass es müssig ist, über die wahre Gestalt der Oberfläche, der Testobjecte zu streiten![2])

---

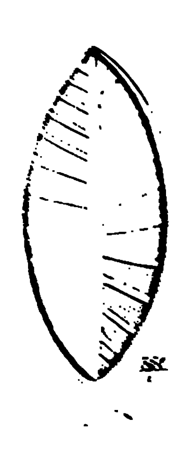
[1]) Van Heurck in seinem oben erwähnten Werke Seite 260 u. ff., ebenso Petri in seinem Buche: Das Mikroskop etc. Seite 212. Vgl. oben § 55 dieses Leitfadens. Ein solches Objectiv ist nicht mehr „homogen", da Deckglas, Frontlinse und Condensor aus Flintglas bestehen, welches einen Brechungsindex $n = 1·72$ besitzt. Diese Objective sind also gegen Aenderungen in der Dicke des Deckglases und der Einbettungsflüssigkeit sehr empfindlich.

[2]) Immerhin können wir aber auf Grund der mit guten Objectiven geschauten Structurbilder (vgl. §§ 55 u. 56) Schlüsse auf die wahre Gestalt ziehen. So nimmt man an, dass die auf der Oberfläche des Pleurosigma angulatum gesehenen Felder wahrscheinlich Hohlräumen in der Schalenwand entsprechen, welche als regelmässig angeordnete Perlenreihen sich darstellen, und, solange man eine der Formerkennbarkeit nicht ganz genügende Vergrösserung anwendet, die Zwischenräume zwischen den einzelnen Perlen als gerade Linien (vgl. Fig. 74) erscheinen lassen. Bei Photograhie mit stärksten Apochromatimmersionen erschienen die in Fig. 77 abgebildeten Sechsecke zu Kreisen abgerundet und deutlich geperlt.

Ein schwierigeres Object als Pleurosigma angulatum ist die trocken eingelegte Surirella gemma und an diesem Objecte wird gleich das oben Gesagte klar werden. In Fig. 78 sieht man diese Diatomee, wie sie sich bei 750maliger Vergrösserung z. B. mittelst Immersion von $^1/_{15}$ engl. Zoll Brennweite und 1·25 numerischer Apertur und eines schwachen Oculares im centralen und etwas abgeblendeten Lichte zeigt. Von der Fläche betrachtet, weist sie eine grosse Anzahl zu einer Mittellinie führender Querleisten und zwischen denselben wieder sehr feine, aber scharf gezeichnete Querlinien auf. Bei schiefer Beleuchtung müssen sich schon bei einer Apertur von 0·65 diese Querlinien sofort zeigen, bei centraler nicht vollkegliger[1] Beleuchtung mit mässiger Abblendung erfordert die Auflösung eine numerische Apertur von mindestens 1.

Diese Querlinien sind 0·00041 mm von einander entfernt ($b = 0.00041$).

Würden wir bis heute keine besseren Objective haben, als etwa die ersten continentalen zur Zeit, als Oberhäuser sein „Grand microscope achromatique" (1835) verfertigte, müssten wir glauben, dass die Surirella so aussieht wie Fig. 78.





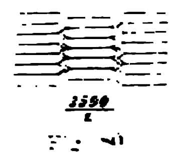


Fig. 80.

[illegible]

wir bei den sechseckigen Feldern von Pleurosigma angulatum gesehen haben, dass sie, mit den besten Objectiven und centralem Lichte betrachtet, sich als Perlen darstellen. Doch kann man mit einem zu practischen Zwecken bestimmten Mikroskope sehr zufrieden sein, wenn es mit seinem stärksten Systeme und Oculare bei centrischer Beleuchtung die Surirella so zeigt, wie unsere Figur 78; es reicht dann für alle practischen Zwecke vollkommen aus; ja für die allermeisten Untersuchungen genügt vollkommen ein Instrument, welches mit dem stärksten Objective und Oculare vom Pleurosigma angulatum ein Bild giebt, wie Fig. 76.

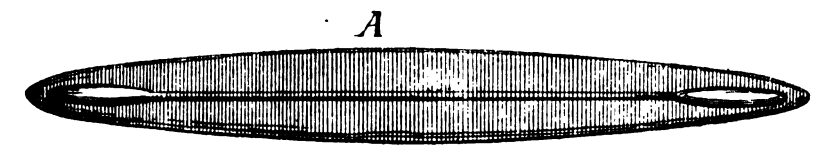


Fig. 81.

Für die höchsten wissenschaftlichen Zwecke und wohl auch für die subtilsten practischen Untersuchungen auf bacteriologischem Gebiete müssen freilich Objective verlangt werden, welche die Grenzen der Leistungsfähigkeit bei Anwendung der üblichen Medien (also Cedernholzöl und Crownglas bei der Frontlinse) fast erreichen. Solche Objective prüft man mit Amphipleura pellucida in Balsam oder einem sonstigen stark lichtbrechenden Medium eingebettet. Amphipleura pellucida besitzt nämlich Querstreifen von 0·00024 bis 0·00025 *mm* Abstand. Fig. 71 *A* zeigt sie aufgelöst bei schiefer Beleuchtung mittelst einer apochromatischen Oelimmersion von 1·30 numerischer Apertur und $^1/_{12}$ engl. Zoll Brennweite und Compensations-Oculare Nr. 6 (Reichert). Die Querstreifen lassen bei Anwendung eines Compensations-Oculares stärkster Sorte (z. B. 1·2 oder 1·8 Reichert) eine rosenkranzartige Perlung erkennen, wie Fig. 81 *B* andeutet.

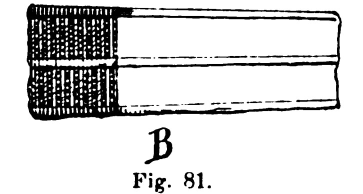


Fig. 81.

Die Querstreifung müssen übrigens bei sehr gutem Lichte auch sehr gute achromatische Oelimmersionen von 1·25 Apertur aufwärts erkennen lassen, wenn die Strahlen parallel mit der Längsachse der Amphipleura auffallen.

Die Amphipleura pellucida ist das schwierigste Probeobject, welches zur Prüfung verwendet zu werden pflegt, seine Querstreifung entspricht der 19. Gruppe der neueren Nobert'schen Probeplatte. Man hat bei der 19gruppigen Nobert-Platte (die ältere Platte hatte, wie schon erwähnt, 30 Gruppen) in Glas mittelst einer Art vervollkommneter Pantographen (Storchschnabel mit Theilmaschine) durch eine Diamantspitze feine Linien eingeritzt, welche einen Triumph menschlicher Kunstfertigkeit darstellen. Schon die erste Gruppe hat Linienabstände von $^1/_{1000}$ Pariserlinie, die zweite von $^1/_{1500}$ Pariserlinie, die dritte von $^1/_{2000}$ ''' u. s. w., die letzte Gruppe $^1/_{10000}$ ''' = ungefähr 0·00022 *mm*.

Die Bewältigung dieser 19. Gruppe durch den als Mikrophotographen bekannten Amerikaner Woodward im Jahre 1869 galt in der wissenschaftlichen Welt als Ereigniss; sie war auch mit den damals allein zu Gebote stehenden Wasserimmersionen nur unter günstigster Beleuchtung und mit einem ganz ausgezeichnet corrigirten Linsensystem durchzuführen. Heutzutage, wo numerische Aperturen von 1·30 keine Schwierigkeiten mehr bieten und man die Grenzen der Leistungsfähigkeit auf das Einfachste berechnen kann, muss jedes Objectivsystem von 1·30 numerischer Apertur bei entsprechender Beleuchtung die 19. Gruppe Nobert's auflösen. Ein drehbarer Objecttisch oder ein drehbarer und excentrisch verstellbarer Blendenträger am Abbe'schen

Beleuchtungsapparate, welche Hilfsmittel gestatten, das schiefe Licht unter beliebigem Winkel dem Probeobjecte zuzusenden, sowie eine feine, empfindliche Mikrometerschraube, um auf die äusserst zarten Structuren einstellen zu können, sind freilich nothwendig, um unsere modernen Objective voll und ganz auszunutzen und das beste Objectiv wird mit unvollkommen functionirender Mikrometerschraube sich kaum auf die zarten Streifen der 19. Gruppe scharf einstellen lassen. Nun muss noch etwas bemerkt werden:

Die organischen Probeobjecte sind unter einander nicht gleich, nicht nur in Grösse, sondern auch in Reinheit der Präparation; die Nobert'schen Probeplatten dagegen zeigten in ihren neueren Ausgaben thatsächlich grosse Gleichmässigkeit.

Nichtsdestoweniger ziehe ich zur Prüfung unserer heutigen Objective ein organisches Probeobject deshalb vor, weil dieses in der Regel auch die Correction der sphärischen und chromatischen Aberration, von welcher Ebenheit des Gesichtsfeldes und Deutlichkeit (sogen. „Nettigkeit") der Bilder, also auch das Definitionsvermögen abhängen, unschwer zu erkennen gestattet. Nur an den subtilsten organischen Probeobjecten wird man Unterschiede im Definitionsvermögen wahrnehmen, wenn auch das Abbildungsvermögen das gleiche ist. [illegible] Reichert's Semiapochromatobjectiv [illegible]" Brennweite und 1.30 numer. Apertur [illegible] die Felderung der Surirella prachtvoll zeigen, wenn wir es mit Compensationsocular 12 benutzen; nehmen wir Reichert's Apochromaten [illegible] von 1.30 numer. Apertur und stellen auf dasselbe Object [illegible] Compensationsocular [illegible] Abbildungs- Auflösungsvermögen [illegible] der Felder [illegible] der nur dem [illegible] Nobert'schen Probeplatte dürfte [illegible] Auch unter den stärksten [illegible] der Auf[illegible] Definition, wes[illegible] Aperturen [illegible] numerischen Aperturen zeigen [illegible]

[illegible] der stärkeren ver[illegible] des Gesichtsfeldes [illegible] welches aus [illegible] parallelen Linien [illegible] werden [illegible] Hier [illegible] Krümmung [illegible] so erscheint die [illegible]

[illegible] hohe Aperturen [illegible]

[illegible] Prüfung stärkerer [illegible]

schen Deckglas und Objectträger. Es werden sich darin zahlreiche zartcontourirte Plattenepithelzellen, dickcontourirte Luftbläschen und endlich runde, sehr kleine farblose Scheiben zeigen. Letztere sind verwässerte Lymphoidzellen oder Speichelkörperchen. Durch ein gut resolvirendes und definirendes Objectiv von etwa 0·65 numer Apertur aufwärts muss bei enger Blende und centraler Beleuchtung mit mittlerem Oculare in den Speichelkörperchen eine grosse Anzahl als schwarze Punkte erscheinender Körnchen, welche in einer eigenthümlich wimmelnden Bewegung, der sogenannten, noch weiter unten zu besprechenden Molecularbewegung — (deren Ursachen noch nicht genügend erforscht sind und welche wir an kleinen Körperchen in Flüssigkeiten unter dem Mikroskope desto lebhafter auftreten sehen, je leichter das specifische Gewicht der Körnchen und je weniger dicht die Flüssigkeit ist) — sich befinden, zu sehen sein.

Ein Objectiv, welches diese Bewegungen im Speichelkörperchen gut zeigt, ist für die meisten histologischen und biologischen Untersuchungen vollkommen geeignet. Ueberhaupt wird ein Fachmann an der Hand irgend eines ihm bekannten mikroskopischen Objectes z. B. Stäbchen-Rothlaufbacillen, Tuberculosebacillen im Sputum u. dgl. leicht ein Mikroskop prüfen; der Anfänger dagegen wird gut thun, sich an markante Probeobjecte zu halten, von denen wir ihm einige der markantesten vor Augen geführt haben. Es gibt ihrer fast mehr als ein Schock, welche sozusagen officiell, durch Empfehlung seitens berühmter Mikrographen, eine grosse Verbreitung erlangten und wir haben die wichtigsten beschrieben und deren Bezugsquellen angegeben.

Hat man sich nach unserer Anleitung unter dem Guten das Beste ausgewählt, so überzeuge man sich, falls man Stativ und Objective zusammen angekauft hat, also ein Kästchen zum Mikroskope erhält, ob Alles gut hineinpasst, sich nichts spiesst und das Ganze staubdicht schliesst. Die modernen aufrechtstehenden Kästen mit Tragbügel sind denjenigen älterer Construction vorzuziehen, bei welchen das Mikroskop liegend untergebracht war, besonders wenn sie so geräumig sind, dass in ihnen das ganze Instrument sammt angeschraubtem Revolver etc. sich bequem unterbringen und tragen lässt.[1]) Muss man erst Theile

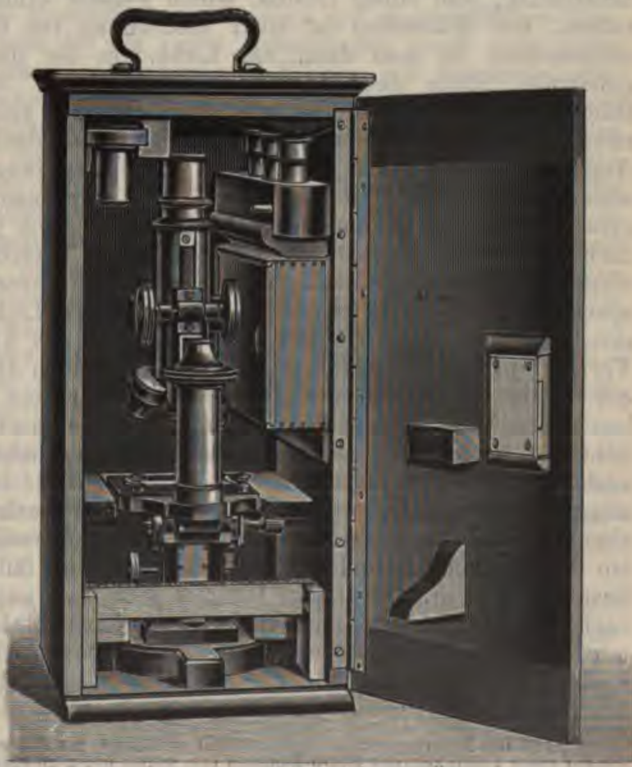


Fig. 82.

[1]) Alle grössere Instrumente renommirter Firmen haben solche Kästen. Fig. 82 zeigt ein vollständiges Mikroskop von Zeiss (Stativ IV *a*) in aufrechtstehendem Schranke. Auch Zeiss' Stativ VI *a* ist in einem aufrechtstehenden Kasten untergebracht und ist insbesondere in der Ausrüstung für die gewöhnliche Praxis sehr empfehlenswerth; in der solches Zeiss nach Johne's Angabe zusammengestellt hat. Im aufrechtstehenden Kasten befinden sich noch Instrumente, Utensilien und Reagentien zum Reinigen des Mikrokopes und zum Herstellen von mikroskopischen Präparaten auf der Reise, so dass dieses Instrument, welches inclusive einer Oelimmersion von $^1/_{12}$'' Brennweite ca. 500 K kostet, ein Reisemikroskop und zugleich ein Laboratoriumnecessaire ersetzt.

abschrauben, um das Mikroskop in den Kasten zu schieben, so ist ein Hauptvortheil des stehenden Kastens nicht vorhanden. Allerdings leidet ein Mikroskop im stehenden Zustande jedenfalls weniger an der Centrirung als im liegenden, aber auch das oftmalige An- und Abschrauben von Theilen schädigt die gute Centrirung und den sicheren Gang des Instrumentes und sollte, wo es angeht, vermieden werden. Dies führt uns auf ein neues Thema: Aufstellung und Reinhaltung eines Mikroskopes.

Die Aufstellung und Reinhaltung des Mikroskopes.

§ 58. Wir haben in den vorstehenden Abhandlungen die Prüfung der Mikroskope besprochen. Wir gehen nun zu deren Gebrauch über.

Jene Nebenapparate und Hilfsmittel, die wir noch nicht erörtert haben, als da sind: Zeichenapparate, Messapparate, Polarisations-Vorrichtungen und Einrichtungen zur Spectral-Analyse, Elektrolyse, sowie zur graduell bestimmten Anwendung von Wärme, wollen wir, um Wiederholungen zu vermeiden, bei Besprechung des Gebrauches des Mikroskopes an geeigneter Stelle einschalten, ebenso Stative zu besonderen Zwecken. Hier kommt, da wir nun voraussetzen, dass der geehrte Leser bereits ein Mikroskop besitzt, zuerst dessen Aufstellung und Pflege zu erörtern.

Man stellt das Mikroskop mit dem Spiegel vom Beobachter abgewendet auf einem nicht unter einem Meter langen und dreiviertel Meter breiten, im Vergleiche mit den gewöhnlichen Tischen etwas niedrigen (am besten 70 *cm* hohen), festen Arbeitstische auf, welcher seinen Platz nahe, etwa in 1 Meter Entfernung, von einem lichten, hohen Fenster erhält. Manche Mikroskopiker rathen, das Mikroskop in einer Entfernung von 6 bis 8 Fuss vom Fenster aufzustellen, da man dann das Licht von der dem Horizont am nächsten gelegenen Stelle des Firmamentes entnehmen und tiefere, detailreichere Bilder erhalten könne. Es mag dies ja wahr sein, woferne man etwa ein mikroskopisches Laboratorium mit allseitig unbeschränktem Lichteinfalle vor Augen hat; bei den gewöhnlich zur Verfügung stehenden Mikroskopirzimmern, namentlich in grossen Städten, wird man, um beim Mikroskope zu verschiedenen Tagesstunden zu arbeiten, also auch präpariren zu können, dem Lichte, also dem Fenster recht nahe rücken. Directes Sonnenlicht freilich soll niemals auf das Instrument fallen. Es gibt, ausser bei der Untersuchung im spectroskopisch zerlegten oder im polarisirten Lichte, kaum Fälle, in denen man sich bei mikroskopischen Beobachtungen des directen Sonnenlichtes mit Vortheil[1]) bedienen würde. Dasselbe schadet auch den Spiegeln und dem Glanze des Lackes der Instrumente. Das Licht, welches ein von weissen, sonnendurchleuchteten Wolken bedeckter Himmel gibt, ebenso das sogenannte „Schneelicht" an manchen Wintertagen ist für die Vornahme mikroskopischer Untersuchungen am förderlichsten. Ein Surrogat dafür ist das von einem weisslich angestrichenen Hause reflectirte Sonnenlicht; auch Sonnenlicht, welches auf eine vor das Fenster gestellte Scheibe aus schneeweissem, mattirtem Glase oder ein reines Leinwandrouleaux von weisser Farbe fällt, ist brauchbar. Ein verfinsterter und grau bewölkter Himmel gibt kein gutes Licht für die subtileren, nach dem im vorigen Paragraphe Ausgeführten, Licht von kurzer oder doch mittlerer Wellenlänge erfordernden mikroskopischen Untersuchungen. Bei starkem Nebel kann man nur mit Hilfe künstlichen Lichtes mikroskopiren.

---

[1]) In der Mikrophotographie bietet allerdings das Sonnenlicht viele Vortheile, doch werden wir auf diese Thätigkeit des Mikroskopikers erst weiter unten zu sprechen kommen.

Von letzterem werden wir bald sprechen. Ein ganz heiterer, tiefblauer Himmel gibt zwar kurzwelliges, aber zu wenig intensives Licht.

Im Uebrigen kommt es auch etwas auf die Weltgegend des Fensters an, bei welchem der Mikroskopirtisch steht, besonders wenn man die Tageszeit, zu welcher man mikroskopiren will, in Betracht zieht. Ein Fenster mit Ostrichtung wird für einen Mikroskopiker, der Vormittags an heiteren Tagen arbeiten will, wegen des blendenden Sonnenscheines[1]) weniger geeignet sein, als ein solches, welches nach Westen geht, während letzteres wieder für Leute, welche spät Nachmittags Untersuchungen vorzunehmen haben, geringere Annehmlichkeiten bieten wird. Uebrigens eignet sich zur Noth jede Weltgegendrichtung eines Fensters zum Mikroskopiren, wofern der Lichteinfall nicht allzusehr durch Häuser, Bäume u. dgl. behindert ist. Bei freiem Lichteinfalle leistet übrigens ein nach Norden gehendes Fenster die besten Beleuchtungsdienste. In grossen Städten sind Wohnungen in höheren Stockwerken für den Mikroskopiker vorzuziehen, weil sie in der Regel mehr Freilicht gewähren, als solche nahe dem Strassenniveau.

Auch der Strassenstaub dringt in die Wohnungen der höheren Stockwerke nicht so massenhaft ein, als im Parterre, Mezzanin oder 1. Stocke.

Der Staub aber ist ein gar arger Feind aller mikroskopischen Arbeiten. Um ihn zu bannen, ist es sehr rathsam, wenn irgend möglich, ein nach einem nicht allzu belebten Garten gelegenes Locale zum Arbeitszimmer zu wählen. Da dies jedoch selten möglich wird, so muss man den Staub auf andere Weise von Mikroskop und Präparat fern zu halten suchen. Dies geschieht vor Allem dadurch, dass man das Mikroskop unter einem Glassturze aufbewahrt. Auch die im § 57 (am Ende) anempfohlenen Kästen ersetzen für stabil auf dem Arbeitstisch untergebrachte Mikroskope in einigermassen staubigen Localitäten keineswegs einen unten gut abgeschliffenen Glassturz, noch weniger thun dies die bei vielen Mikroskopen sonst ganz guter Construction noch vorfindlichen „liegenden“ Kästen mit Sammteinlagen. Wie nicht genug hervorgehoben werden kann, ist das Herausnehmen und wieder Hineinlegen für das Instrument schädlich und schliessen überdies solche Kästen selten hinreichend staubdicht, ja die Sammteinlagen in den Kästen sind bei aller Sorgfalt wahre Staubbehälter. Jedenfalls ist die neuerer Zeit wieder durch das Aufbewahren in verticalen Kästen etwas verdrängte Aufstellung des Mikroskopes unter einem Glassturze, gleichgiltig, ob derselbe mit Knopf versehen oder nicht, ob er rund oder, so wie bei den französischen Bronceuhren, länglich ist, jeder anderen Aufbewahrungsart vorzuziehen. Der Sturz soll aber ja nicht zu klein sein. Bei umlegbaren Mikroskopen sei er so geräumig, dass auch das etwas geneigt aufgestellte Instrument sammt zu beobachtendem Präparat, ohne an seiner Lage, Stellung gegen das Licht etc. etwas ändern zu müssen, mit ihm bedeckt werden kann.

Will man das Mikroskop gebrauchen, so hebt man einfach den Sturz ab und stellt ihn zur Seite, um ihn, sowie man das Mikroskopiren unterbricht, sofort wieder auf das Instrument, welches dabei mit Objectiven, Nebenapparaten u. s. w. versehen bleiben kann, zu stülpen und so ein Verstauben zu verhindern.

In einem kalten Zimmer laufen die Gläser des Instrumentes beim Nahen eines Menschen an und müssen dann wiederholt mit Rehleder oder in Ermang-

[1]) Versehen des Untertheiles der Fenster mit mattirten Glasscheiben, Verkleben derselben mit sehr feinem, weissen Papier, Anstreichen mit weissem, durchscheinenden Lack sind Nothbehelfe gegen die Sonnenplage in Mikroskopirzimmern, die wir mit dem Bemerken anführen, dass sie besonders im Sommer ein erträgliches Arbeiten gestatten, wenn der obere Theil der Fenster durch die Rouleaux verschlossen und hiedurch das Mikroskopirzimmer beschattet wird.

gase bildet und dass diese Vorrichtung auch in den Tisch, welcher zur Aufnahme des Mikroskopes bestimmt ist, eingelassen werden kann, damit sie dadurch, dass die Ränder *a r* und *b r* in gleiches Niveau mit der Tischebene fallen, noch handlicher wird, ebenso, dass man alle Utensilien, als Objectträger, Deckgläser u. dgl. passend in einer Lade oder besser mehreren Laden des erwähnten Tisches unterbringen kann.

Die Laden eines für das Mikroskopiren bestimmten Tisches sollen leicht und sicher gehen, der Tisch soll, am besten mit Asphaltlack, schwarz lackirt sein, da er dann auf ihm liegenden Staub, aber auch auf ihm liegende Deckgläser leicht erkennen, sich leicht waschen lässt und wenn er mit Terpentin u. dgl. verunreinigt und dadurch am Lacküberzug beschädigt worden sein sollte, vom Mikroskopiker selbst, der — wie später erwähnt werden wird — meist Asphaltlack zur Hand haben dürfte, leicht ausgebessert werden kann. Dass die Füsse des Tisches um circa 10 *cm* kürzer sein sollen, als die eines anderen Tisches, ergibt sich aus dem Vortheile, den ein bequemes, sitzendes Arbeiten an einem auf einem so niedrigen Tische stehenden Mikroskope gewährt. Hat der Tisch eine niedere Gallerie, auf die man kleine Flaschen mit den zum Mikroskopiren nöthigsten Flüssigkeiten, z. B. Canadabalsam, Glycerin, Spiritus, Terpentingeist, destillirtem Wasser, Nelkenöl u. dgl. stellen kann, so dass man sie gleich bei der Hand hat, oder ist er gar mit einer Glasplatte belegt (welche nicht allzu dick zu sein braucht), dann umso besser!

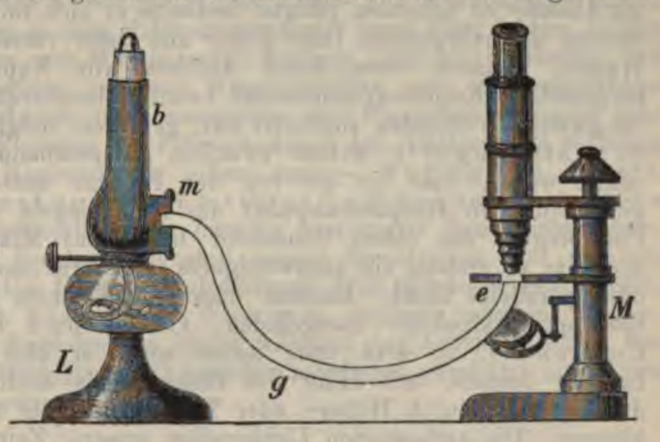


Fig. 84.

Um am Abend arbeiten zu können, müssen die Fenster des Arbeitszimmers mit dunklen, resp. undurchsichtigen Jalousien oder Vorhängen versehen und am Tische, 70 *cm* vom Mikroskope, Platz für eine entsprechende Lampe sein. Als solche kann eine niedere, mit rundum anschliessender matter Glaskugel versehene Petroleumlampe oder ein ebenso verhüllbarer Gas- oder elektrischer, am Gestelle höher oder tiefer stellbarer Brenner dienen; doch hat man mehr weniger theuere, eigens für die Mikroskopie bestimmte Lampen, meist mit bläulichen Gläsern — um die rothen Strahlen des Petroleumlichtes zu compensiren — construirt. Solche Lampen können in guter Ausführung von jeder grösseren Mikroskop-Firma bezogen werden.[1]) Eine originelle Mikroskopirlampe haben sich Koch & Wolz patentiren lassen. Fig. 84 zeigt sie in schematischer Zeichnung. *L* ist eine kleine Petroleumlampe[2]), auf die über den gewöhnlichen Glascylinder die blecherne Haube *b* gestülpt ist. Diese hat bei *m* einen Tubus oder eine Muffe, in diese wird mittelst eines Korkes lichtdicht der Glasstab eingesteckt. Derselbe ist derart gebogen, dass dessen ab-

[1]) Gas-Auerlampen oder dergleichen Glühlichtlampen für Benzin („Fluid"), Spiritus, Petroleum etc. ziehe ich allen anderen Lichtquellen vor, weil sie kurzwellige Strahlen geben (§ 57). Wo kein Gas zur Verfügung steht, sind die Spiritus-Glühlichtlampen die am reinlichsten zu handhabenden. Acetylenlampen verbreiten — falls sie nicht von einem grösseren Gasentwickler gespeist werden — einen lästigen Geruch. Das Licht derselben ist reich an kurzwelligen Strahlen und sehr intensiv.

[2]) Auch für Auer-Glühlicht kann man auf Bestellung solche Lampen einrichten lassen, für Reisen auch auf Kerzen.

geschliffenes Ende *e* unter die Oeffnung des Objecttisches des Mikroskopes *M* zu stehen kommt. Das Licht wird in dem Glasstabe gebrochen und reflectirt und bis zum Präparate geleitet. Durch Höher- und Tieferstellen der Lampe *L*, mit Hilfe einer im Fuss verschiebbaren Stange, die sich durch eine in der Figur nicht sichtbaren Schraube fixiren lässt, kann das Ende *e* unter die Blendvorrichtung des Mikroskopes gebracht und so das Licht modificirt werden. Wir müssen uns aber vor Augen halten, dass für gewöhnliche Zwecke der gebrechliche Glasstab, der überdies nicht ganz billig ist (zu beziehen durch R. Siebert, Wien, und durch Merker, Reichert oder Ebeling in Wien), durchaus nicht bequem erscheint, ebenso aber auch, dass diese Lampe dort gute Dienste leistet, wo eine starke Durchleuchtung von nicht sehr durchsichtigen Objecten, z. B. lebenden Insecten, oder eine starke Farbenhervorhebung, z. B. bei gefärbten Bacterienpräparaten, erwünscht ist und wobei diese Vorrichtung am Abend den Abbe'schen Beleuchtungsapparat wenigstens für mittlere Aperturen ersetzen kann und dann selbstverständlich ohne jede Blende mit vollem Lichtkegel zur Wirkung kommen muss, da die Apertur an sich jene eines Abbe'schen Condensors nicht erreicht.

Als der Verfasser noch Petroleumflachbrenner ihrer einfachen Behandlung wegen und weil die Auerlampen noch nicht erfunden waren, zum Mikroskopiren am Abende zu benutzen pflegte, bediente er sich mit Vortheil einer auf einem kleinen Retortengestelle (also höher und tiefer verstellbar) angebrachten, mit Wasser, welchem etwas durch Auflösen von Kupfervitriol in Salmiakgeist hergestelltes Kupferoxydammoniak behufs Absorbirung der gelben und rothen (langwelligen) Strahlen zugesetzt war, gefüllten, möglichst grossen sogenannten Schusterkugel [1]), welche zwischen Lampenflamme und Mikroskop derart situirt wurde, dass sie die von der Flamme entsendeten Strahlen convergirend in den Hauptbrennpunkt des Hohlspiegels oder auf die Fläche des Planspiegels des (ohne Condensor benützten) Mikroskopes warf. Dadurch erreichte er erstens ein kurzwelligeres, weisseres und zweitens convergirendes oder paralleles Licht. Benützt man jedoch einen, wohl heutzutage keinem besseren Mikroskope mangelnden, tiefer und höher verstellbaren Condensor, so wird man, selbst wenn er blos aus einer planconvexen Linse [2]) besteht, mit Hilfe des Hohlspiegels auch bei künstlichem Lichte die Strahlen durch Höher- oder Tieferstellen der Linse convergent machen können. Die verbesserten Lichtquellen unserer Zeit, insbesondere die Auerlampen, dürften auch die Absorption der langwelligen Strahlen durch das blaue Kupferoxydammoniak oder ein passend gefärbtes blaues Glas für die gewöhnliche mikroskopische Beobachtung entbehrlich machen.

---

[1]) Nach dem von Harting in „Das Mikroskop", S. 231 der Auflage von 1859 geschilderten Vorgange. Zeiss in Jena führt übrigens in seinem Preiscourante eine solche „Vorrichtung zur künstlichen Beleuchtung beim Mikroskopiren" wie folgt an: „Gasglühlichtlampe mit gewöhnlichem Brenner und Jenaer Cylinder auf Messingstativ, zum Auf- und Niederstellen eingerichtet, nebst einer als Sammellinse dienenden Glaskugel von circa 150 *mm* Durchmesser, welche mit Wasser oder dünner Kupferoxydammoniaklösung gefüllt wird. Die richtige Regulirung der Beleuchtung erfordert, dass die Gasflamme circa 15 *cm* hinter der Kugel und der Spiegel des Mikroskopes circa 15 *cm* vor der Kugel zu stehen kommt und dass der concentrirte Theil des Strahlenkegels gerade auf den Spiegel trifft", und berechnet die ganze Vorrichtung mit 22 Mark, die Glaskugel in Gestell allein mit 7 Mark. **An dieser Stelle bemerke ich noch, dass auch ganz kleine Petroleum-Flachbrennerlampen (Küchenlampen), die man nahe an das Mikroskop rücken kann und deren Flammenbild dann das ganze Gesichtsfeld ausfüllt, für kurz dauernde Untersuchungen besonders dann bequem sind, wenn man Mikroskop und Lichtquelle auf eine grosse Tasse oder ein Theebret stellt, so dass die Lage von Lichtquelle und Mikroskop relativ dieselbe bleibt, auch wenn das Instrument momentan zur Seite gestellt werden muss. Für länger währende Untersuchungen ist der Petroleumdunst zu sehr belästigend.**

[2]) Solche Condensoren nannte man deshalb vor Verbreitung des Abbe'schen Beleuchtungs-Apparates „Abendcondensoren". Wer an seinem Mikroskope einen Abbe'schen Beleuchtungs-Apparat hat, bedarf natürlich nicht erst eines separaten „Abendcondensors". Auch beim Abbe'schen Beleuchtungs-Apparate kann die erwähnte Schusterkugel oder noch besser eine grosse Beleuchtungslinse Verwendung finden, wenn man bei Lampenlicht arbeitet. Man bringt dann die Schusterkugel oder die Beleuchtungslinse in solche Stellung zwischen Lampe und Mikroskop, dass ein Bild der Flamme auf dem Planspiegel, der zum Abbe'schen Condensor das Licht reflectirt, entworfen wird. Man ist dann dessen enthoben, die Lampe zu nahe an das Mikroskop heranrücken zu müssen, was sehr lästig ist, wenn man stark hitzende Lichtquellen anwendet.

Auch stark weissglühende, wie die Elektrotechniker sagen, „überspannte“ elektrische Glühlichtlampen haben genug kurzwellige Strahlen, um ohneweiters ein zum Mikroskopiren brauchbares Licht zu geben. Kann man es sich leisten, so bringt man eine kleine elektrische Glühlampe direct im Hauptbrennpunkte des Beleuchtungshohlspiegels an. Man erhält dann paralleles Licht. Die Brennweite des Hohlspiegels muss dabei grösser sein, als seine Entfernung vom Objecttischmittelpunkte, was übrigens meistens der Fall zu sein pflegt und auch eine Voraussetzung der zweckmässigen Anwendung der oben erwähnten „Schusterkugel“ bildet.

Elektrische Bogenlampen mit Kugeln aus mattem, weissem Glase (nicht aus sogenanntem Opalglase, welches für durchfallendes Licht die kurzwelligen Strahlen etwas absorbirt) können ebenfalls gute Lichtquellen für mikroskopische Beobachtungen abgeben

Für die Zwecke des Praktikers halte ich die Gasglühlichtlampen jedoch in jeder Hinsicht für genügend. Ebeling u. A. liefern höher und tiefer stellbare Gasglühlichtlampen und ebensolche Spiritusglühlichtlampen von sehr guter Qualität, die sich zum Mikroskopiren vorzüglich eignen.

Solche Mikroskopirlampen lassen sich mit Hilfe von Retortengestellen u. dgl. auch als Wärmequellen benützen, was bei vielen Operationen, namentlich bei chemischen Reactionen, ferner beim Anfertigen von Dauerpräparaten, eine sehr empfehlenswerthe Vereinigung einer Licht- und Wärmequelle ergibt. Was sonst noch für Dinge in dem Mikroskopirzimmer ihren Platz finden, richtet sich natürlich nach Raum und Mitteln; eine Stellage oder ein Glaskasten mit Schieberthüren (Repositorium) und ein Wasserbehälter oder ein Auslaufhahn einer Wasserleitung mit Lavoir oder wenigstens eine Wasserschüssel sind sehr nothwendig; erstere für Flaschen mit Flüssigkeiten u. dgl., letztere zum Waschen der Präparate etc. Im Repositorium sollen auch — womöglich derart, dass man beim Mikroskopirtische sitzend sie bequem ergreifen kann — ein nur für mikroskopische Zwecke bestimmter Satz Bechergläser, Reibschalen, ferner ein Eprouvettengestell sammt Eprouvetten und mehrere Uhrgläser mit sogenannten Uhrmacherglasstürzen oder Glasdosen mit Deckel, wie solche z. B. bei R. Siebert in Wien u. a. bezogen werden können, Aufstellung finden. Das Repositorium bleibt während des Arbeitens offen. Ein Fach, welches vor den Dämpfen der Reagentien möglichst geschützt ist, bleibe den Nebenapparaten reservirt.

Präparirlupen und Präparirmikroskope.

§ 59. Das Mikroskop wird benützt zur Betrachtung, Messung, Zeichnung, Photographie und zur chemisch-physikalischen Untersuchung kleiner Naturkörper aller drei Reiche oder der kleinen Bestandtheile auch grösserer Gegenstände, wenn diese Bestandtheile sich der genauen Untersuchung mit freiem Auge entziehen. (Z. B. die Zellen, aus welchen Pflanzen und Thiere bestehen.)

Doch können die wenigsten Objecte ohne Vorbereitung, d. h. so wie sie sind, einer mikroskopischen Beobachtung unterzogen werden, sie müssen meistens erst zur Beobachtung tauglich vorbereitet, d. h. präparirt werden.[1]) Ueberdies ist der Abstand zwischen dem Betrachten durch das zusammengesetzte Mikroskop und dem Sehen mit unbewaffnetem Auge ein so grosser, dass es in den wenigsten Fällen zu empfehlen ist, von dem einen unmittelbar zum anderen überzugehen, wenn man nicht schon tadellos präparirte Objecte, d. h. gute mikroskopische Präparate zur Beobachtung vorliegen hat. Will man einen

[1]) Die Präparation wird erst später ausführlicher besprochen werden. Hier handelt es sich blos um allgemeine Gesichtspunkte.

Dr. Hermann Hager, Prof. Jäger u. a. m., einfache Apparate zusammengestellt, die sich wohl jeder einigermassen mit Bohrer und Hammer Vertraute anfertigen kann. Fig. 86 zeigt die Art und Weise, wie ich mir einen solchen Apparat mit Hilfe einer Cigarrenkiste und eines Taschenspiegels verfertigt habe. *K* ist eine österreichische Britannica-Cigarrenkiste, mit der deckellosen (offenen) Seite im Bilde uns zugekehrt. Bei *e* schneidet man mit dem Federmesser in die Wand *B* centrisch ein Loch von $2^1/_2$ *cm* Durchmesser hinein, ferner kauft man einen jener billigen runden Blechtaschenspiegel, wie sie in jedem Galanteriegeschäfte zu haben sind, beseitigt den Blechdeckel und befestigt nun den Spiegel *sp* durch die an demselben rückwärts befindlichen Stützdrähte an dem Stückchen Rohr (spanisches) s_1 *a* *s*. Nun befestigt man das Stäbchen mit dem Spiegel drehbar unter dem Loche *e*, indem man bei s_1 einen Nagel durch die Wand w_1 in den Stab *a* einschlägt; bei *s*

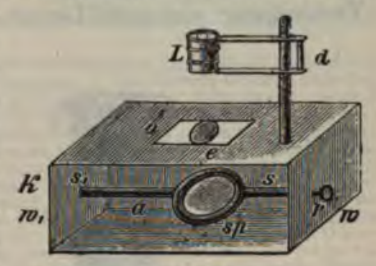


Fig. 86.

wird durch die Wand *w* ein Drahtring *r*, dessen Ende *e*, wie Fig. 87 in natürlicher Grösse zeigt, flach und scharf geklopft wurde, in den Stab *s* hineingetrieben, so dass sich der Spiegel *sp* an dem Stabe, wenn man deu Ring *r* dreht, wenden lässt, wie ein Mikroskopspiegel. Auf dem Boden *B* des Cigarrenkistchens *K*, welcher als Objecttisch dient, schlägt man an passender Stelle in einer Ecke den Draht *d* ein, so dass er festhält, und bohrt nun mit einem sogenannten „Drillbohrer" durch die Schale der Handlupe *L* ein Loch, durch das man den Draht *d* durchsteckt, so dass sich die Lupe *L* auf dem Draht *d* durch einfaches Schieben höher und tiefer stellen lässt. Legt man nun auf das Loch *e* einen Objectträger aus Glas *O* und richtet das Kästchen mit der offenen Seite gegen das Fenster, dreht dann



Fig. 87.

am Ring *r* den Spiegel so, dass man, durch die Lupe *L* schauend, das Loch hell erleuchtet sieht, so kann man ein Object auf dem Objectträger *o* mit Nadeln zerzupfen oder sonst präpariren und dessen Structur durch *L* vergrössert beobachten, wobei der Vortheil zu Tage tritt, dass die Lupe Alles aufrecht zeigt, während das zusammengesetzte Mikroskop Alles verkehrt, also auch jede Bewegung umgekehrt zeigt, was das Präpariren unter demselben sehr erschwert. Zum leichteren Präpariren kann man bei der gedachten Vorrichtung die Hände auf die breite Oberfläche des Cigarrenkästchens aufstützen, was eine grössere Ruhe gewährleistet. Um die Tischöffnung *e* schlägt man im Rechtecke 4 Drahstiften in einer Distanz von $76^1/_2$ zu $26^1/_2$ *mm* ein, um zwischen selbe einen Objectträger englischen Formates fest einschieben und auf diesem das Object bequem durchmustern und zergliedern zu können. [1])

[1]) Um auch ausgedehntere Objecte unter der Lupe durchsehen und taugliche Stellen herausnehmen, ferner um lebende Wasserthiere in ihrem Elemente sortiren, schliesslich um sehr zarte Objecte, die sich blos im Wasser oder ähnlichen Flüssigkeiten, in denen sie schwimmen („flottiren" lautet der Fachausdruck), zergliedern lassen, ohne zu zerreissen, wie dies z. B. bei den Eingeweiden von Insecten der Fall ist, bequem mit aufgestützten Händen unter der Lupe präpariren zu können, habe ich mir vom Tischler aus weichem Holze ein schemelartiges Gestelle machen lassen, bei welchem die Wände *w* und w_1 und die Wand *B* des in Fig. 86 abgebildeten Cigarrenkästchens durch 1 *cm* starke Bretter ersetzt sind. Die Spiegelvorrichtung bleibt dieselbe, nur nimmt man einen recht grossen, mindestens etwa 10 *cm* im Durchmesser haltenden Spiegel, ihm gegenüber wird in das Fussbrett des Schemels, welches nun ebenso wie beim Cigarrenkästchen die Wand *B*, als Objecttisch dient, eine 10–15 *cm* grosse runde Oeffnung, in welche eine Glastasse (etwa der Untersatz einer kleinen glatten Butterdose) eingesetzt werden kann, eingeschnitten. In dieser Tasse können nun auch in Flüssigkeiten liegende Objecte, von unten her erleuchtet, unter der Uhrmacherlupe, welche an einem rechtwinkelig gebogenen, an dem einen Ende zu ihrer Aufnahme ringförmig geformten, in das Fussbrett des Schemels (auf welchem bei einem wirklichen Schemel die Füsse ruhen) eingelassenen Drahte angebracht wird, betrachtet und mit bequem auf dem Fussbrette des Schemels aufgestützten Händen bearbeitet werden. Die ganze Vorrichtung sammt Uhrmacherlupe kostet höchstens 5 Kronen und ist bei vielen Arbeiten theuerere Präparirgestelle zu ersetzen im Stande.

Eine derartige Vorrichtung, wie wir sie uns in einfachster Form selbst angefertigt haben, heisst auch „einfaches Mikroskop“ (jede stärkere Lupe mit Objecttisch ist ein einfaches Mikroskop), und weil sie zum Präpariren dient, Präparirmikroskop. Statt der zwei oder drei Linsen, welche in der Handlupe *L* beweglich gefasst sind, kann man von vorneherein zwei oder drei Linsen in einer Fassung wie bei einem schwächeren Objectivsystem vereinigen; eine solche Vereinigung von zwei Linsen heisst Doublet, von drei Linsen Triplet.



Fig. 88.


Fig. 89.

Fig. 88 zeigt ein solches Triplet aus drei Linsen 1, 2, 3, die sich entweder zusammen oder einzeln verwenden lassen und so sechs brauchbare Vergrösserungen von 15-, 20-, 30-, 40-, 60- und sogar 100mal geben.[1]) Ein ein-


Fig. 90.

[1]) In hiesigen Preislisten finden sich derlei Linsencombinationen wie folgt beschrieben: Linsensystem mit achromatischem Concav-Ocular nach Art der Brücke'schen Lupe construirt; 100fache Vergrösserung bei einem Focalabstand von 3 mm, welcher bequem das Manipuliren mit Messer und Nadel gestattet. Dieses Präparirsystem gibt beim Wechseln der Linsen folgende Vergrösserungen:

Objectivlinse	3	2	1	Ocularlinse	a	Vergrösserung	100fach
„	—	2	1	„	a	„	60 „
„	—	—	1	„	[illegible]	„	40 „
„	3	2	1	„	—	„	30 „
„	—	2	1	„	—	„	20 „
„	—	—	1	„	—	„	15 „

Das Linsensystem gibt die stärkeren Vergrösserungen ohne das Concav-Ocular, die schwächeren mit dieser Concavlinse, welche schon Chevalier in Paris vor Brücke mit einem Doublet combinirte, wobei das Gesichtsfeld wohl verkleinert, auch die Vergrösserung geringer, der Focalabstand aber grösser wird. Die Brücke'sche Lupe wirkt ähnlich für kleinere Entfernungen, wie das Galilei'sche Fernrohr für grössere.

faches Stativ zu einem solchen Triplet zeigt Fig. 89, ein etwas vollkommeneres mit Handauflagen, Glastisch und Zahn und Trieb — Fig. 90.

Carl Zeiss, Dr. E. Hartnack, Leitz, C. Reichert, Merker, Ebeling u. a. m. liefern solche Präparirmikroskope in grosser Vollkommenheit, doch sind für viele Zwecke Behelfe, wie wir sie in Fig. 86 angegeben haben, ausreichend. Uebrigens gibt es sogenannte pankratische Oculare[1]), welche das Bild im zusammengesetzten Mikroskope noch einmal

[1]) Man hat früher derlei Mikroskope pankratische genannt, weil bei ihnen durch blosses Verschieben des Tubus sich die Vergrösserungen mit demselben Linsensatze in viel weiteren Grenzen abändern lassen, als dies durch blosses Ausziehen und Einschieben des Tubus an den gewöhnlichen Mikroskopen möglich war, und man hoffte, mit derselben Linsencombination alles das bewältigen zu können, wozu sonst mehrere verschiedene nöthig waren. Die Bildumkehrung war wohl der Anlass zur Benützung solcher Mikroskope als „Dissectionsmikroskope", da sich bei dem aufrechten Bilde besser präpariren lässt als bei umgekehrtem, aber die vorerwähnte Ermöglichung der Aenderung der Vergrösserung ohne Objectiv- oder Ocularwechsel in so weiten Grenzen hielt man damals für eine grosse Errungenschaft und alle namhaften Optiker bemühten sich, derlei pankratische Mikroskope in möglichster Vollkommenheit herzustellen. Bald bewirkte man die Bildumkehrung und Pankrasie durch Einschalten eines zweiten Objectives am Ende des Tubusauszuges, bald durch Einschieben eines zweiten Oculares an derselben Stelle. Die erstere Methode befolgte Oberhäuser in Paris bei seinem Mitte des abgelaufenen Säculums verbreiteten „Microscope pancratique", die letztere Chevalier und Oberhäuser's Nachfolger, der berühmte Hartnack, beide damals in Paris. Die letztere Methode wird auch von den österreichischen Mikroskopverfertigern bei ihren bildumkehrenden Ocularen benützt. Ebeling, Reichert und Merker in Wien haben derlei Vorrichtungen verfertigt. Sieht man von der Pankrasie ab, so erhält man lichtstärkere und schärfere Bilder in richtiger, nicht umgekehrter Lage durch Anwendung von reflectirenden Prismen. War also die vorhin erwähnte Methode die dioptrische, so ist die jetzt zu besprechende eine katoptrische. Ein gewöhnlicher Spiegel bewirkt bekanntlich eine halbe Umkehrung eines jeden Bildes, da im Spiegel rechts und links vertauscht, oben und unten aber richtig erscheint. Nimmt man zur Reflexion ein Glasprisma, etwa ein rechtwinkeliges, und lässt das vom Objectiv kommende Licht auf die eine Hypothenuse fallen,

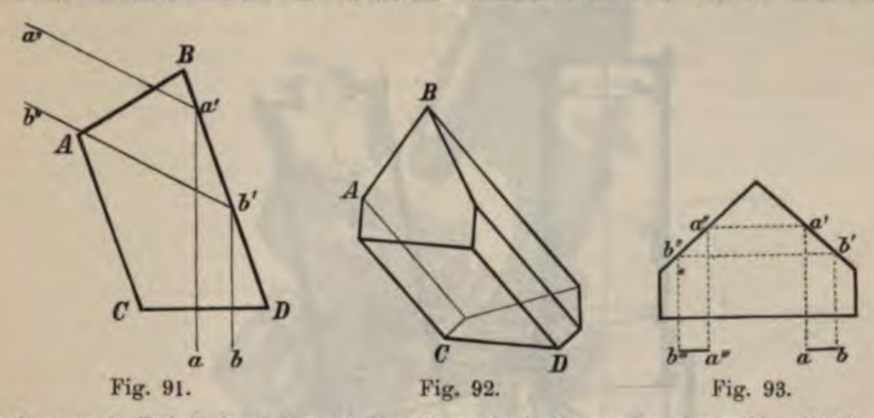


Fig. 91. Fig. 92. Fig. 93.

so wird es von der Kathete durch die zweite Hypothenuse hindurch austreten, aber rechts und links wird vertauscht sein. Leiten wir das aus der zweiten Hypothenuse austretende Licht nochmals in ein rechtwinkeliges Prisma, welches so über dem anderen liegt, dass die Hypothenusenflächen mit der Achse des Mikroskopes parallel sind, aber die Reflexionsfläche des einen Prisma auf jener des anderen senkrecht steht, so erleidet das Bild eine zweite Umkehrung und wir könnten also zwei rechtwinkelige Prismen zur Bildumkehrung verwenden, doch ist der Lichtverlust durch die oftmalige Reflexion ziemlich gross. Deshalb construirte Nachet in Paris nach einer Idee von Amici ein bildumkehrendes Prisma, welches durch totale Reflexion im Innern das Bild ganz umkehrt. Man kann das Prisma entweder, wie es Zeiss einrichtet, auf das Ocular aufsetzen oder, wie Nachet selbst es that, ein- für allemal mit einem eigens dazu verfertigten Oculare verbinden, in welch' letzterem Falle man ein grösseres Gesichtsfeld herausbringt. Fig. 91 zeigt schematisch die Bildumkehrung durch das Amici'sche Prisma. Die Strahlen $a\ b$ werden, bei $C\ D$ eintretend, von der Fläche $B\ D$ nach $A\ B$, woselbst sich das Auge befindet, bei $a'\ b'$ reflectirt und treten bei $b''\ a''$ in umgekehrter Ordnung heraus. Fig. 92 zeigt schematisch die Vertauschung von rechts und links. Die einzelnen Strahlen $a\ b$ werden nämlich gleichzeitig von der einen der oben bezeichneten schiefen Wände auf die andere reflectirt und treten bei $b'''\ a'''$ nach doppelter Reflexion in umgekehrter Reihenfolge heraus. Den Schliff des Prismas zeigt Fig. 93. Die Fläche $C\ D$ ist dem Objective, die mit $A\ B$ bezeichnete dem Auge zugekehrt. Da $A\ B$ zur Horizontalen um 30° geneigt ist, so kann das Auge, wel hes durch eine tellerartige Fassung der Fläche $A\ B$ gegen directes Licht geschützt ist, in bequemer Kopfhaltung in das vertical stehende Mikroskop hineinblicken. Hartnack hat ein bildumkehrendes Prisma construirt, bei welchem die Austrittsfläche $A\ B$ horizontal liegt. Er stattete sein neueres bildumkehrendes Ocular damit aus, welches sehr lichtstarke Bilder liefert. Carl Zeiss benützt zwei dreiseitige, nach ihrem Erfinder Porro benannte Prismen (wie er solche auch in seinem Trièder-Binocle (Feldstecher) anwendet und wie sie sammt dem Schema des Strahlenganges in dem in illustrirten Zeitungen oft erscheinenden Inserate der gleichfalls solche Trièder-Binocles erzeugenden Firma Goerz im Durchschnitte abgebildet sind), über welche in eine parallel mit der optischen Achse des Mikroskopes angebrachte, etwas seitlich versetzte Röhre ein beliebiges Ocular eingesetzt werden kann. Unter dem Oculare befinden sich in einer Trommel die Porro'schen Prismen und werden mit einer Ocularfassung in den Tubus gesteckt. Auch das Nachet-Amici'sche Prisma ist bei Carl Zeiss in Jena zu haben, doch zieht man heutzutage zum Präpariren ein eigenes Präparirmikroskop vor. Eine noch heute mustergiltige, in Harting's „Das Mikroskop", deutsch von Dr. Fr. Wilh. Theile, Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1859, S. 195 u. ff. ersichtliche Darstellung der Principien der Bildumkehrung, welcher auf S. 761 u. ff.

umkehren (wie beim terrestrischen Fernrohre), so dass man dann mit den schwächsten Systemen auch unter dem zusammengesétzten Mikroskope Objecte

desselben Werkes eine treffliche Beschreibung der praktischen Durchführung dieser Principien folgt, sei denjenigen Lesern, die sich für diesen Gegenstand besonders interessiren sollten, wärmstens empfohlen. Die neueren Werke behandeln diesen Gegenstand entweder gar nicht oder nur mit geringer Ausführlichkeit, weil, wie oben erwähnt, die bildumkehrenden Apparate heutzutage in der Technik des modernen Mikroskopes durch die vervollkommneten Präparirmikroskope an Bedeutung verloren haben. Immerhin haben bildumkehrende, zusammengesetzte Mikroskope auch ihre Vortheile beim Präpariren und es hat neuerer Zeit **Zeiss** in Jena in Verbindung mit einem „binoculär-stereoskopischen Tubus" ein bildumkehrendes Mikroskop speciell zur Präparation von Eiern, Embryonen, Insecten u. dgl. construirt.

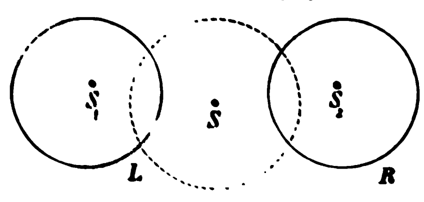


Fig. 94.

Wir können bei dieser Gelegenheit nicht umhin, gleich zu besprechen, was ein stereoskopischer Tubus ist. Bekanntlich kann man mit einem Auge keinen körperlichen (stereoskopischen) Eindruck erzielen; erst die Benützung beider Augen ergibt einen solchen Effect, den wir so sehr von Kindheit an gewöhnt werden, dass wir ihn auch dann geistig mit Beachtung der Schatten supponiren, wenn wir mit einem der beiden Augen sehen und das andere Auge etwa zukneifen. Jedes Auge erzeugt, wie man sich durch abwechselndes Auf- und Zumachen bald des einen, bald des anderen Auges leicht überzeugen kann, ein etwas verschiedenes Bild. Blickt man dabei etwa auf einen mit der Spitze gegen die Nasenwurzel gerichteten regelmässigen Kegel, dessen Spitze S also in Wahrheit genau centrisch steht (Fig. 94), so sieht man mit dem rechten Auge die Kegelspitze nach links verschoben (S_1), mit dem linken Auge nach rechts (S_2). Mit beiden Augen sehen wir den Kegel so wie er ist, als regelmässigen Körper, der die Spitze in S gleichweit von der Peripherie des Grundkreises hat. Das gleichzeitige Sehen mit beiden Augen bewirkt nämlich, dass beide Bilder L und R zusammen auf- und zur Anschauung des Körperlichen zusammengefasst werden. Beim gewöhnlichen Mikroskop macht, da man nur mit einem Auge hindurchblickt, die Deutung der körperlichen Beschaffenheit des Gesehenen Schwierigkeiten und, wie wir später hören werden, haben Gelehrte eigene Regeln aufgestellt, um mit Hilfe der Einstellvorrichtungen Erhöhungen

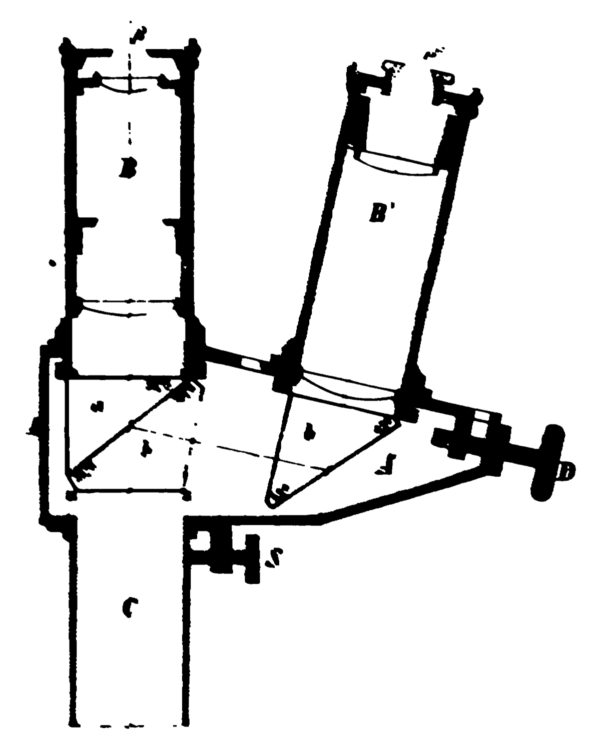


Fig. 95.

[illegible] Es lag daher nahe, das Mikro- [illegible] Form der Objecte besser wahrzu- [illegible] ein binoculares Mikroskop [illegible] welches aus zwei voll- [illegible] abgeschliffen und anein- [illegible] „Stereoskopie" beim Mikroskop [illegible] durch Prismen theilte. [illegible] Effecte zu erzielen. [illegible] Mitte des 19. Jahrhunderts

zubereiten kann, weil hier jede Bewegung des Präparir-Werkzeuges (Zupfnadel, Messer, Pinsel u. dgl.) so erscheint, wie sie durchgeführt wird.

---

ebenfalls derlei binoculär-stereoskopische Mikroskope construirt und wer sich für diese Sache interessirt, der findet in Harting's „Das Mikroskop", Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1859, auf S. 179—195, 661—662 und 773—779 sowohl die Theorie als die Geschichte dieser Instrumente, soweit sie bis Mitte des 19. Jahrhunderts ausgebildet waren, sehr ausführlich behandelt. Die neuerer Zeit namentlich in England aufgetauchten binoculären Instrumente dieser Art übergehen wir, da mit ihnen, ausser etwa zierlichere Bilder von kleinen Insecten, wenig erreicht wurde, besonders nichts von Bedeutung für die wissenschaftliche oder praktische Mikroskopie. Trotzdem versuchte Prof. Dr. Abbe in Jena, der wackere Theoretiker der Zeiss'schen Mikroskopfabrik, ein besseres Instrument dieser Art, wie sie in England so beliebt waren, zu construiren. Er nennt es stereoskopisches Ocular und Fig. 95 stellt dasselbe im schematischen Durchschnitt dar. Der aus dem Mikroskoptubus, an welchem das stereoskopische Ocular mittelst der Schraube *S* befestigt wird, austretende Strahl *C* wird am oberen Ende des Tubus durch partielle Reflexion an einer blos $^1/_{1000}$ *mm* dicken, zwischen den Prismen *a* und *b* eingeschlossenen Luftschichte getheilt. Ein Theil ($^2/_3$) geht bei *B* weiter, der andere ($^1/_3$) zum rechtwinkeligen Prisma *b'* hinüber, wird an dessen Hypothenuse reflectirt und dadurch in das zweite Ocular bei *B'* geworfen. Bei β und β' können auf die Oculare Halbdiaphragmen, d. h. halb-



Fig. 96.

kreisförmige Blenden aufgesetzt werden. Sieht man nun mit beiden Augen ohne diese Halbdiaphragmen in das Mikroskop, so gewährt der Apparat blos das Sehen mit beiden Augen ohne körperlichen Eindruck (binoculäres Sehen ohne stereoskopischen Effect), werden aber die Diaphragmendeckel aufgesetzt und deren Stellung entsqrechend regulirt, so stellt sich der stereoskopische Effect ein, der freilich bei der Strahlentheilung durch Prismen mitunter ein falscher, ein pseudoskopischer sein kann, wenn nämlich die beiden gleichzeitig gesehenen Bilder in ihren Schattirungen irrig gedeutet werden, so dass Vertiefungen Erhöhungen zu sein scheinen und umgekehrt. Abbe's Apparat soll jedoch bei richtiger Regulirung der Diaphragmen von diesem Fehler frei sein. Erwähnen wollen wir noch, dass mit der Schraube *T* sich dem Abstand der Augen entsprechend, der bei jedem Menschen ein anderer ist, die Entfernung der beiden Oculare ändern lässt. Dieses Ocular gestattet die Anwendung jeder Art achromatischer Objective, insbesondere auch solcher von kurzer Brennweite mit hohen Vergrösserungen. Näheres über den Apparat findet sich in der „Zeitschrift für Mikroskopie", Jahrg. 1880, S 207. Wie Dr. A. Zimmermann in Tübingen und viele andere deutsche Forscher richtig bemerken, haben dieses Ocular und auch ähnliche, namentlich in England und Amerika gebräuchliche Apparate („binoculäre Tuben") — wie Fig. 96 einen solchen an dem soge-

Allgemeine Gesichtspunkte über die Benützung der Mikroskope.

§ **60.** Wie man die Probeobjecte betrachtet, haben wir bereits bei Abhandlung der Prüfung eines Mikroskopes erläutert und kann der angehende Mikroskopiker sich am besten dadurch üben, dass er die seinem Mikroskope beigegebenen Probeobjecte recht oft durchmustert. Bei ganz Ungeübten pflegt die erste Schwierigkeit in der Beleuchtung, respective Handhabung des Beleuchtungsapparates zu liegen. Die durchsichtigen Probeobjecte müssen von unten her beleuchtet werden. Man zieht den Tubus aus der Hülse oder bei Instrumenten mit Zahn und Trieb den Tubus mit der Zahnstange aus der schwalbenschwanzartig ausgehöhlten Triebrinne heraus und entfernt, wenn Ocular und Objectiv an demselben sind, diese optischen Theile gänzlich. Dann schiebt man den Tubus wieder ein. Nun stellt man das Mikroskop vor das zum Arbeiten bestimmte Fenster auf den zum Mikrokospiren bestimmten Tisch beiläufig in die Mitte des Halbmessers eines in den viereckigen Tisch eingeschrieben gedachten Kreises (näher zum Beobachter als zum Fenster) so auf, dass der Spiegel zum Fenster gekehrt ist. Man sieht nun durch den Tubus gerade nach unten, so dass man durch die Oeffnung im Objecttisch den Spiegel erblickt, und dreht den Spiegel um seine zwei horizontalen Achsen (wobei man ein kleineres und deshalb leichteres Stativ mit der linken Hand am Fusse festhalten muss, damit es sich nicht verschiebt), bis im Spiegel das Bild des Fensters mit dem Himmel oder einer von der Sonne beschienenen weissen Wand eines vis-à-vis gelegenen Hauses erscheint. Im Hohlspiegel wird dies

nannten Centennalstativ des Amerikaners Zentmayer angebracht zeigt — keine irgendwie beachtenswerthe Forschungsresultate ergeben, die sich nicht ebenso gut mit dem gewöhnlichen, für ein Auge eingerichteten Mikroskop ergeben hätten. Zur Präparation dagegen, wo es auf Unterscheidung von Höhe und Tiefe sehr ankommt, mag sich das stereoskopische Mikroskop unter Anwendung schwächerer Vergrösserungen gewiss eignen. Von diesem Standpunkte ausgehend, hat Greenough ein binoculäres Mikroskop ersonnen und Zeiss ausgeführt, welches zunächst zum Präpariren von Samen, Krystallen, Eiern, Larven etc. dienen soll. Natürlich muss es hiezu eine Bildumkehrung besitzen und Zeiss hat hiezu die schon oben erwähnten Porro'schen Prismen verwendet. Zur Erzielung des binoculär-stereoskopischen Sehens dienen also zwei vollständige Mikroskope mit je einem Ocular und einem Objectiv. Fig. 97 zeigt dieses Mikroskop, beziehungsweise dessen wesentlichsten Theil, den doppelten Tubus. K_1 und K_2 sind die beiden Tubuskegel, an denen mittelst eines Schlittens *Sch*, der durch den Knopf *s* eingeschoben werden kann, die beiden gleichen Objective O_1 und O_2 angebracht sind. Oben bei P_1 und P_2 trägt jeder Tubus je eine Dose (Trommel), in welchen die Porro'schen Prismen eingesetzt sind. Bei C_1 und C_2 sehen wir die Rohre zur Aufnahme der Oculare, die eigens construirt sind und „orthomorphische Oculare“ genannt werden. Dieselben haben eine Einrichtung zum Auflegen von Blenden. Der Doppeltubus hat, da es sich blos um schwache Vergrösserungen von 25—50mal linear handelt, keine feine Einstellung, sondern wird mit Zahn und Trieb (*Z* und *Tr*) am Stativ *St* verschoben. Der Tisch des Statives ist im Principe ähnlich jenem in unserer Fig. 90 construirt, nur dass die Handauflagen noch einen durch Charniere ausklappbaren Theil haben, der sich auf den Arbeitstisch stützt und das Federn der Handauflagen verhindert, und dass eine drehbare, zum Theile schwarze, zum Theile weisse Platte es möglich macht, beim Präpariren im auffallenden Lichte dem Objecte je nach dessen Beschaffenheit (vergl. in diesem Buche § 42, erster Absatz) eine weisse oder schwarze Unterlage zu geben, da bald der schwarze, bald der weisse Sector unter die Objecttischöffnung gebracht werden kann. Als Vorbild diente das gleichfalls bei Zeiss erhältliche Präparirmikroskop für Präparirsysteme und Lupen von Paul Mayer, welches sich von dem in unserer Fig. 90 abgebildeten Instrumente hauptsächlich durch die erwähnten Handauflagen und die schwarzweisse Platte und dann durch einen eigenen Lupenträger, der in den Arm des Trägers des Präparirsystems eingesteckt und über die Objecttischplatte hinweggedreht werden kann, unterscheidet. Braus-Drüner hat dagegen den Greenough'schen Doppeltubus an einem Gestelle (ohne Objecttisch) angebracht, welches eine allseitige Bewegung zulässt, so dass der Doppeltubus gegen jedes undurchsichtige Object oder auch gegen ein Glasgefäss gerichtet werden kann (Aquariummikroskop). Wer sich für diese Instrumente interessirt, findet nähere Angaben im XIV. Band der „Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie“, Jahrg. 1897, S. 5 u. ff.

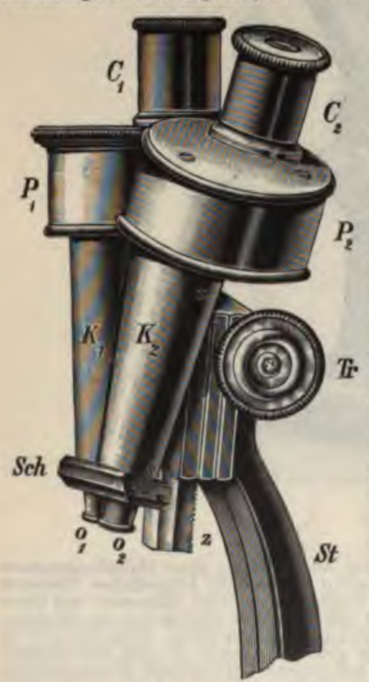


Fig. 97.

alles natürlich verkleinert erscheinen, im Planspiegel in der der Entfernung entsprechenden perspectivischen Dimension. Am Abend muss natürlich das Bild der 50—70 *cm* weit vom Instrumente aufgestellten Lampe, respective der hellerleuchteten Milchglaskugel u. dgl. in dem Spiegel erblickt werden. Dass Sonnenlicht — wenn es direct auf den Spiegel fällt — eine unbrauchbare Beleuchtung gibt, haben wir schon oben bemerkt; in solchem Falle legt man, falls man nicht die im § 58 erwähnten Schutzmittel gegen die Sonne anwenden kann, ein Stückchen weisses Seidenpapier auf den Spiegel, welches die Intensität der Sonnenstrahlen mässigt, doch wird eine solche Beleuchtung immer missliche Wirkungen auf die Deutlichkeit der zarteren Contouren üben. — Hat man nun auf die eine oder die andere Weise mit dem Spiegel recht helles, aber diffuses Licht in den Tubus geworfen, so schraubt man das Object unten an das Rohr, steckt das Ocular oben in dasselbe und versucht nun einzustellen, d. h. den optischen Theil des Mikroskopes mittelst des mechanischen in die richtige Entfernung vom zu betrachtenden Objecte zu bringen. Man legt also das Object, z. B. ein Präparat von Pleurosigma angulatum, so auf den Objecttisch, dass die Stelle, wo diese Diatomeen unter dem Deckglase sich befinden, gerade über die Tischöffnung zu liegen kommt und von den Strahlen des Spiegels hell erleuchtet ist und benützt zuerst die g r o b e Einstellung, indem man bei Instrumenten mit Schiebhülse das Rohr mit der Hand durch eine sanfte, drehende, gewissermassen schraubenförmige Bewegung in seiner Hülse so lange auf- und abwärts dreht, bis das Bild des Gegenständes im Gesichtsfelde erscheint. Bei Mikroskopen, die kein sehr festes und schweres Stativ haben, ist es rathsam, das Stativ während des Drehens mit der linken Hand festzuhalten, damit es sich nicht verrückt und so die Beleuchtung gestört wird. Bei Stativen mit grober Einstellung mittelst Zahn und Trieb dreht man vorsichtig an dem Triebknopfe oder wenn zwei sind, an beiden, wobei die eine Hand der anderen etwas entgegenwirken soll, um ein zu stürmisches Hinabsenken des Tubus zu vermeiden, bei welchem das Präparat von dem aufstossenden Objectiv zertrümmert wird, was übrigens bei sehr starken Objectiven mitunter auch Geübteren leicht passiren kann. Es ist daher bei Objectiven von kurzer Focaldistanz dem Anfänger anzurathen, mittelst der groben Einstellung das Objectiv zunächst nahezu bis zur Berührung an das Präparat heranzurücken und, indem er durch das Ocular blickt, langsam nach aufwärts zu drehen, bis das Bild erscheint. Sieht man dann den Gegenstand halbwegs deutlich, so wird die f e i n e Einstellung angewendet, d. h. man dreht an der Mikrometerschraube vorsichtig nach rechts oder links, bis das Bild seine möglichste Klarheit erreicht und man die Contouren des in unserem Beispiele als Object angenommenen Pleurosigma angulatum scharf sieht. Regel ist, s t e t s z u e r s t d a s s c h w ä c h e r e O b j e c t i v u n d O c u l a r u n d d a n n d a s s t ä r k e r e anzuwenden, wodurch man vorerst einen Ueberblick über das Object erhält und dann dessen Structur genauer betrachtet.

Sieht man das Object scharf genug, so versucht man, es mit Hilfe des Blendapparates noch schärfer zu sehen. Es ist nämlich nicht für alle Beobachtungen vortheilhaft, die möglichst helle Beleuchtung in Anwendung zu bringen, umsomehr, als dabei zwar die Farben besser hervortreten, aber die Contouren, namentlich die zarteren, verschwimmen. Zu schwache Beleuchtung strengt das Auge an, ebenso aber auch zu starke. Was ein Mikroskop nicht bei gutem Lichte zeigt, zeigt es schon gar nicht bei greller Beleuchtung, es wäre denn, dass es sich um Polarisations-Erscheinungen oder mikrophotographische Aufnahmen, Dinge, auf welche wir später zu sprechen kommen werden, handelt. Man nimmt also zweckmässiger Weise die Blendungen zu Hilfe, seien es nun Drehscheibenblendungen oder Cylinderblendungen, welch' letztere schon durch die Möglichkeit des Tieferstellens eine graduelle Mässigung des Lichtes während

durchpassiren lässt. Ich habe gefunden, dass es für den Anfänger dabei besser ist, wenn er das Objectglas nicht lose auflegt, sondern auf den Objecttisch etwas andrückt, ja sogar sich der Federklammern bedient, da es ihm sonst nicht gelingt, das Präparat in der gleichen Distanz vom eingestellten Object zu erhalten und er es dadurch leicht ganz aus dem Gesichtsfelde verliert; das lose Auflegen und Verschieben gelingt blos einem schon erfahreneren Beobachter; man soll sich freilich darin frühzeitig üben.

Hat man nun auch diese Schwierigkeiten überwunden, so kann man es versuchen, auch andere — noch nicht präparirte — Objecte zur Beobachtung heranzuziehen. Natürlich fange man nicht mit lebenden — etwa einem lebenden kleinen Insect — an; diese sind — soll man nicht zu ganz unrichtigen Bildern derselben gelangen — etwas schwierig zu beobachten und auch nicht gar leicht zu präpariren; man beginne z. B. mit gemustertem Baumwollstoff, von dem man mit zwei dicken Nähnadeln, die man in zwei Schraubenbleistift- oder Häckelnadelhältern befestigt hat[1]), unter der Lupe oder dem Präparirmikroskope auf einem Objectträger ein stecknadelkopfgrosses Stückchen abzupft, möglichst fein zerfasert und dann unter das zusammengesetzte Mikroskop bringt, nachdem man einen Tropfen

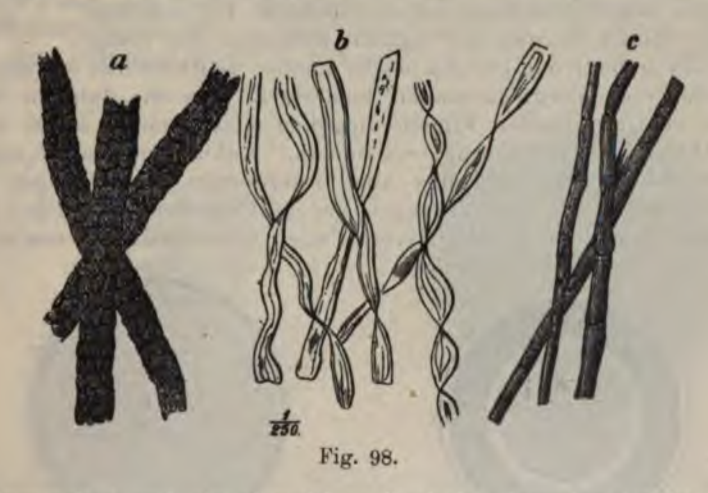


Fig. 98.

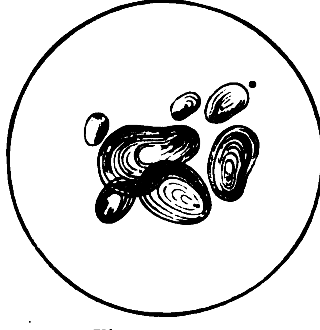
Wasser hinzugefügt und ein viereckiges Deckglas darauf gedrückt hat, wobei man das Deckglas mit einer Pincette, wie wir sie weiter unten näher kennen lernen werden, an einem Eck erfasst, es dann mit dem diagonal gegenüberliegenden Eck zuerst auf den Objectträger bringt, dann aus der Pincette loslässt und mit dem unteren Ende der Pincette sachte auf den Objectträger presst. Schon unter der Lupe wird man — falls das Baumwollzeug verschiedenfärbig gemustert war — die einzelnen Farben wahrgenommen haben und es ist eine gute Uebung, unter einem der oben dargestellten einfachen Mikrokope den Versuch zu machen, die Fäden nach ihren Farben mit den Nadeln zu sortiren, so dass man z. B. die blauen Fäden nebeneinanderlegt, die rothen wiederum nebeneinander und so weiter. Bringt man nun das wie vorbeschrieben vorbereitete Object unter das zusammengesetzte Mikroskop und betrachtet es mit einem mittelstarken Objectivsystem und schwächeren Ocular ohne Blende oder mit offenem Abbe'schen Condensor, so werden die Contouren der Fäden verschwinden, dagegen die Farben grell hervortreten.

[1]) Sogenannte Präparirnadeln, auch „Zupfnadeln" genannt, weil man mit ihnen die Objecte zerzupft.

und man wird, bei Anwendung der verschiedenen Vergrösserungen mit der schwächsten beginnend, meist sehr lehrreiche Ansichten von im Wasser befindlichen Luftbläschen neben Fetttröpfchen erhalten. Dabei muss die Mikrometerschraube beständig angewendet werden, um die verschiedensten Ansichten zwischen den Extremen, der sogenannten tiefsten und höchsten Einstellung zu gewinnen.

Der berühmte Hallensische Gelehrte Professor Welcker hat besonders auf die Wichtigkeit dieses Gebrauches der feinen Einstellvorrichtung hingewiesen, um die Form der Structurelemente beurtheilen zu können. Er sagt hierüber: „Zeigt ein Object den lebhaftesten Glanz beim Erheben des Tubus, so hat man den Tubus auf den Gipfel einer Erhabenheit hinaufgehoben (wir haben es also in diesem Falle mit einem convexen Körper zu thun); zeigt sich aber der Glanz beim Senken des Tubus, so hat man den Tubus in eine Tiefe hinabgesenkt (der uns in diesem Falle beschäftigende Körper ist also concav)."

Diese goldene Regel Welcker's wird uns vor manchen Irrthümern[1]) bewahren. Ebenso auch der Wechsel der Beleuchtung, und zwar sowohl der geraden als der schiefen, der gemässigten als der schwachen. Jedes Mikroskop, welches mit Plan- und Concavspiegel auf schief stellbarem Arme versehen ist und eine Cylinderblende hat — und dies ist jetzt, wie wir oben gesehen haben, auch bei den billigeren Stativen der Fall — gestattet eine sehr vielseitige



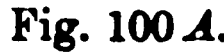


Fig. 100 *A*.



Fig. 100 *B*.

Beleuchtung eines und desselben Objectes und der Anfänger mache von derselben recht häufigen Gebrauch. Er wird bald die zweckmässigste Beleuchtung, welche, wie wir oben dargelegt haben, eine andere ist, wenn es sich um Hervorhebung von Farben und Durchleuchtung voluminöser Objecte handelt, und wieder eine andere, wenn zarte Structuren zum Vorschein kommen sollen — durch Uebung herausfinden lernen. Die Regeln, betreffend Anwendung der Condensoren und insbesondere des Abbe'schen Beleuchtungsapparates, wurden oben bei Besprechung dieser Behelfe ebenfalls bereits besprochen. Wer einen solchen Apparat besitzt, übe sich an gefärbten und ungefärbten Fasern, an Luftbläschen, Fetttröpfchen und den verschiedenen Probeobjecten, wie man sie ja zum Mikroskope dazu zu bekommen pflegt, fleissig in dessen Gebrauche ein.

Insbesondere versuche man auch den Gebrauch der Sternblende, falls eine solche oder ein mit ähnlicher Vorrichtung versehener Beleuchtungsapparat dem

---

[1]) Um auch hohle Gebilde von länglicher Gestalt (Röhren) ohne Irrthum unter dem Mikroskope als solche zu erkennen und von massiven Gebilden zu unterscheiden, ziehe man in einer Spiritus- oder Bunsenflamme ein dünnes Glasröhrchen zu einem feinen Glasfaden aus und bringe Fragmente davon theils trocken, theils in Wasser oder Glycerin, Oel u. dgl. eingebettet unter das Mikroskop. Bei verschiedenen Beleuchtungen und verschiedenen Einstellungen und Vergrösserungen wird man sehr lehrreiche Bilder sehen. Beispiele massiver Gebilde geben die Seidenfäden.

der durch ein Mikroskop geblickt hat, selbst denken wird, das Gesichtsfeld vor. Gerstenstärke zeigt Fig. 100 *D* in 500facher Vergrösserung.

Fig. 100 *E* zeigt Reisstärkekörner, und zwar *e* einfache, *b* Bruchstücke, bestehend aus mehreren einfachen, und *z* zusammengesetzte Stärkekörner von Oryza (Reis). Da Reisstärke zum Pudern des Gesichtes sowohl als auch zu vielen technischen Zwecken Verwendung findet, so kommen derlei Körner häufig im Zimmer- und Strassenstaube vor und können so in die Präparate gelangen. Aehnliche Körner kommen im Hafermehl vor, nur sind die Bruchstücke oft apfelkern- oder birnförmig gestaltet, doch kommen auch unregelmässig polygonale Körnerfragmente vor. Die zusammengesetzten Hafermehlkörner lassen meist erst bei 400—500maliger Vergrösserung die Zusammensetzung aus einzelnen einfachen Körnern erkennen. Auch Haferstärkekörnchen sind im Strassenstaube häufige Vorkommnisse und können als ungebetene Gäste in mikroskopische Präparate gelangen.

Dieser Leitfaden der Technik des modernen Mikroskopes müsste aber zu einer Naturgeschichte auswachsen, wollten wir alle im Strassen- und Zimmerstaube schwebenden Dinge, die also leicht zufällig in mikroskopische Präparate gelangen können, ohne dass man es haben will, anführen.

Man kann sich mit ihnen leicht vertraut machen und sich dabei überdies in der Handhabung des Mikroskopes üben, wenn man einen in der Mitte mit etwas Glycerin bestrichenen Objectträger an eine dem Staube ausgesetzte Stelle legt, nach etwa 24 Stunden ein Deckglas auf die Mitte des Objectträgers und diesen selbst unter das Mikroskop bringt. Wiederholte derlei Proben haben ergeben, dass dieser Staub ein anderer ist in einem mit Teppichen belegten oder tapezirten Zimmer, ein anderer in einem kahlen Laboratorium; dass der Staub eines in der Nähe von Getreidespeichern gelegenen Arbeitszimmers ein anderer sein wird, als etwa der eines Zeltes in der Sahara, ist einleuchtend. Fremde Objecte im Präparate können aber auch vorgetäuscht werden durch Staub und Kritzel auf den Gläsern des Objectträgers, des Deckglases und des Oculars, seltener den oberen Linsen des Objectivs. Dreht man das Ocular oder Objectiv, so scheinen sich die Verunreinigungen dieser optischen Theile mitzudrehen. Auch die Glasplättchen der alsbald weiter unten zu besprechenden Ocularmikrometer können Kritzel oder Staub enthalten. Kritzel muss man sich merken, den Staub mit weichem, reinem Pinsel, eventuell auch mit Rehleder beseitigen.

§ **62**. Auffallen werden auch dem Anfänger die ihm mitunter scheinbar als Objecte im Gesichtsfelde sich darstellenden „entoptischen Erscheinungen", das sind Erscheinungen, welche im Auge selbst ihre Ursache haben, von dem Beschauer aber in das Gesichtsfeld des Mikroskopes verlegt werden. Der Classiker der mikroskopischen Technik, der alte Ph. Harting, sagt in seinem berühmten Werke: „Das Mikroskop, Theorie, Gebrauch, Geschichte und gegenwärtiger Zustand desselben", deutsche Originalausgabe von Dr. Fr. Wilh. Theile, Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1859, auf Seite 86 (§ 102 u. ff.) über die hier in Betracht kommenden Ursachen der vorgenannten „entoptischen Erscheinungen" Folgendes: „Wären die Medien, aus denen das Auge zusammengesetzt ist, vollkommen durchsichtig und hell, so würde auf der erhellten Oberfläche der Netzhaut nirgends ein Schattenbild entstehen können, so lange nicht ein ausserhalb des Auges befindliches Object ein solches erzeugte. Die vollkommenste Durchsichtigkeit der Augenmedien, wenn sie überhaupt vorkommt, wird jedoch nur höchst selten angetroffen, und da die Netzhaut von allen Objecten, die ihr den Zutritt der Lichtstrahlen beeinträchtigen, ein Schattenbildchen empfängt, so werden, wie von den ausserhalb des Auges befindlichen Objecten, ebenso auch von jenen im Auge selbst vorkommenden auf der Netz-

[illegible] ... weniger scharf be-
[illegible] ... stark erhellte Oberfläche
[illegible] ... weisse Wand oder auf ein Blatt
[illegible] ... Lampe. Man wird dann die
[illegible] ... Gesichtsfeld wahrnehmen, und indem
[illegible] ... und öffnet, wird man zugleich wahrnehmen,
[illegible] ... oder kleiner wird, je nachdem sich die Pupille
[illegible] ... Der dunkle Rand, durch welchen das Gesichtsfeld
[illegible] ... in der That nichts anderes als das Schattenbild der Iris des
[illegible] ... Auf letzterer zeigen sich auch Schattenbildchen
[illegible] ... und der kleinen Oeffnung be-
[illegible] ... Bildchen somit von Objecten kommen, die unter einem
[illegible] ... wahrgenommen werden, so müssen sie noth-
[illegible] ... im Vergleich zu den ... Objecten eine sehr an-
[illegible] ... in dem Falle, wenn ein sehr feines
[illegible] ... vor die Oeffnung gehalten wird.
[illegible] ... (Augenwimpern) auf der
[illegible] ... des Auges vor die Oeffnung
[illegible] ... dass die
[illegible]

sie die nämliche Gestalt. Die Grundform besteht jedoch meistens in runden Ringen, die im Inneren hell sind und einen dunklen, manchmal farbigen Rand besitzen. Sie haben scharfe Umrisse, woraus zu entnehmen ist, dass die Körperchen, durch welche die Erscheinung zu Stande kommt, nicht weit von der Netzhaut entfernt sein können. Eine Verwechslung mit anderen Objecten ist für den geübten Mikroskopiker, der diese Erscheinungen kennt, allerdings nicht leicht möglich und es kann auch beim Ungeübten eine solche leicht verhindert werden, wenn man den Abstand des Objectes vom Mikroskope abändert [1]), was auf die „Mouches volantes“ nicht den geringsten Einfluss ausübt. Beim Beobachten sehr kleiner und durchsichtiger Objecte wirken sie aber manchmal störend auf deren Sichtbarkeit ein. Um sie dann wenigstens vorübergehend zum Verschwinden zu bringen, gibt es ein einfaches Mittel: Man muss das Auge nach oben richten, wodurch die Körper in der hinteren Augenkammer, welche diese Erscheinung veranlassen, aus der Augenachse kommen und nach unten sinken. Wer diese „Mouches volantes“ bei sich wahrnimmt (und wahrscheinlich ist dies bei allen in mehr oder weniger hohem Grade der Fall), der braucht sich übrigens deshalb nicht zu ängstigen; am allerwenigsten darf er aber ihr Auftreten dem Gebrauche des Mikroskopes aufbürden und dieserhalb dasselbe aufgeben. Das Mikroskop trägt nicht die Schuld ihres Auftretens und sie nehmen auch nicht an Menge zu durch das mikroskopische Sehen. Die Furcht, welche von manchem (Schleiden's „Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik“, Bd. I, S. 87) in Betreff der „Mouches volantes“ geäussert wurde, entbehrt jeden Grundes und ist blos aus der falschen Ansicht entsprungen, als seien es die Schatten der Blutkörperchen in den Capillaren der Netzhaut.

Nach dem, was früher über die Ursachen der „Mouches volantes“ gesagt worden ist, bedarf aber diese Ansicht keiner Widerlegung. Aus eigener Erfahrung kann ich hier noch hinzufügen, dass ich seit vielen Jahren in beiden Augen runde sowohl als fadenförmige „Mouches volantes“ bemerkt habe, ohne bei dem täglichen stundenlangen Gebrauche des Mikroskopes Unbequemlichkeit davon zu verspüren oder etwa eine Vermehrung derselben. Ausser diesen sogenannten entoptischen Erscheinungen und den vorher erwähnten Täuschungen durch dem Staube angehörige, zufällig auf das Object sich niedersenkende organische oder anorganische Fragmente, vor welchen der Mikroskopiker sich blos durch Uebung im Schauen durch das Mikroskop und geistige Deutung des Geschauten — die eine Hand am Beleuchtungsapparat, die andere an der feinen Einstellung haltend und beide Hilfsmittel ausnützend — schützen kann, gibt es Anlässe zu groben Irrthümern, welche durch Sorgfalt und Reinlichkeit von vorneherein ausschliessen zu können, jedem Mikroskopiker Gelegenheit gegeben ist. So darf man nie unterlassen, die Deckgläschen und Objectträger genau zu reinigen. Besonders fein geschliffene Sorten weisen vom Schleifmittel herrührende feine Streifchen und Fleckchen auf, welche, wie uns Harting erzählt, von einem sonst sehr geübten Mikroskopiker als Bestandtheile der organischen Gewebe angesehen und als solche gezeichnet wurden. Zum Befreien von Flecken dient am besten salzsaurer Alkohol [2]), in welchem man die Objectträger und Deckgläser, gleich nachdem man sie vom Händler bezogen hat, einige Stunden badet und sie dann mittelst feiner, gesäumter Leinwand zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten Hand, als ob man Geld zählen wollte, abreibt, bis sie glänzen und ganz rein erscheinen. Kratzer und Schlieren in Objectträgern oder Deckgläsern werden daran erkennbar, dass sie nicht, wie der vom Schleifen herstammende Schmutz, auf die erwähnte Behandlung hin

[1]) Harting meint, wenn man die Einstellung ändert.
[2]) 100 Volumth. Alkohol von 90%, 20 Volumth. Aq. dest. und 20 Tropfen acid. mur. concentr. gut zusammengemischt.

verschwinden. Solche Gläser beseitigt man, wenn deren Fehler in der Mitte oder in einem Umkreise von einem Centimeter von der Mitte liegen; sonst sind sie, namentlich für kleinere Objecte, ganz gut zu verwenden. Auch die sonstigen Hilfsmittel, mit denen ein Object vor seiner mikroskopischen Untersuchung in Berührung kommt, müssen sehr rein gehalten werden, will man (namentlich gilt dies für den Anfänger) grobe Irrthümer und Blamagen vermeiden.

Ein classisches Beispiel dafür bietet jener junge Arzt, welcher seine geputzten Deckgläschen in einer ausgeleerten Pillenschachtel aufbewahrte und als er dann einen krankhaften Stuhl zu untersuchen hatte, in den an dem Deckgläschen haften gebliebenen Pollenkörnern des Bärlapps (Semen lycopodii), welche ja bekanntlich das gelbe Pulver bilden, in welchem von den Apothekern die Pillen, um ihr Zusammenkleben zu vermeiden, in die Pillenschachtel eingelegt zu werden pflegen, Eier eines Riesenpallisadenwurmes zu erkennen glaubte. Die Consequenz war, dass er ein Blutgerinsel in dem Stuhle für den Riesenpallisadenwurm selbst hielt und beides in einer mit einer lithographirten Tafel ausgestatteten Monographie wissenschaftlich genau beschrieb! [1])

Hier möchte ich noch bemerken, dass es nicht überflüssig für den angehenden Mikroskopiker ist, sich keine Gelegenheit entgehen zu lassen, um Gegenstände, die seinem Fache fremd sein mögen, durch das Mikroskop zu betrachten; ohnehin muss jeder die von Harting sogenannte Periode der naiven Verwunderung über alles Neue, was er durch das Mikroskop sieht, mitmachen, der in den Besitz eines Mikroskopes kommt. Ich möchte mich nicht mit Harting darüber lustig machen, dass solche Leute jetzt eine Mücke oder Fliege, dann wieder ein Stückchen Spitze oder Gaze oder einen glänzend gefärbten Schmetterlingsflügel oder wohl auch ein paar Käsemilben unter ihr Mikroskop bringen und bewundern, denn gerade diese Periode der Benützung des Mikroskopes als Kaleidoskop vermag vor Irrthümern in der Periode ernsten Schaffens in dem meistens eng begrenzten Specialfache, in welcher man zu derlei Besichtigungen von Objecten, die diesem Specialfache ferne liegen, keine Zeit und Lust hat, zu bewahren! Hätte jener junge Arzt etwa aus Neugierde oder naiver Schaulust jemals etwas von dem gelben Pulver einer Pillenschachtel unter sein Mikroskop gebracht gehabt, er wäre, auch wenn er schon den Fehler der Aufbewahrung der Deckgläschen in einer gebrauchten, mangehaft gereinigten Pillenschachtel begangen gehabt hätte, von der Blamage bewahrt geblieben, Bärlappsamen für Eier eines Riesenpallisadenwurmes zu halten und, sowie ein Irrthum stets den anderen nach sich zieht, in weiterer Consequenz ein Blutgerinsel für den Wurm selbst! Erst der Dresdener Arzt Dr. Zenker [2]) erkannte in den vermeintlichen Eiern die Bärlappsamen!

§ 63. Wir haben dieses eine Beispiel als Warnung ausführlich behandelt und müssen dem angehenden Mikroskopiker grossen Eifer in der Besichtigung recht vieler Naturkörper unter dem Mikroskope empfehlen, damit er sich dann in dem etwa gewählten Specialfache nicht durch unbekannte und für etwas ganz Anderes gehaltene Vorkommnisse täuschen lasse. Strenge Selbstkritik bei der Deutung des Geschauten, Berücksichtigung des wesentlichen Unterschiedes zwischen der mikroskopischen Beobachtung und derjenigen mit unbewaffnetem Auge, welcher wohl hauptsächlich darin besteht, dass man beim Mikroskopiren meistens bei durchfallendem Lichte beobachtet und das Bild im Mikroskope im Allgemeinen nur über eine ganz bestimmte Ebene des zu beobachtenden Objectes Aufschluss zu geben vermag, so dass man somit in diesem Falle nur durch die mittelst beständiger Handhabung der Mikrometerschraube

---

[1]) Vgl. S. 21 der Brochure: „Die Schmarotzer mit besonderer Berücksichtigung der für den Menschen wichtigen“ von Dr. Arnold Heller, Prof. der Medicin in Kiel. R. Oldenbourg's Verlag, Leipzig 1880.

[2]) Derselbe, der 1860 im Dresdener Krankenhause in der Leiche eines an einer räthselhaften Krankheit verstorbenen Dienstmädchens die Trichinen als Krankheitserreger auffand.

ermöglichte Combination zahlreicher Bilder verschiedener Durchschnittsebenen zu richtigen Vorstellungen von dem untersuchten Objecte kommen kann, und beständige Vergleichung der Eindrücke bei Anwendung verschiedener Beleuchtungsarten und der weiter unten zu erörternden Färbemethoden und sonstiger Untersuchungsbehelfe werden den das Mikroskop handhabenden Forscher vor gröberen Irrthümern bewahren. Kleinere Täuschungen werden stets unterlaufen, denn es gilt hier das lateinische Sprichwort: „Errare humanum est" ebenso, wie in den speculativen Wissenschaften; diese Täuschungen dürfen aber keine essentiellen, keine wesentlichen sein!

Besonders sind es die verschiedenen Bewegungserscheinungen, welche zu Irrthümern in zwei Richtungen Anlass geben können; erstens, dass unwillkürliche für willkürliche Bewegungen oder physikalische für physiologische gehalten werden oder umgekehrt, und zweitens, dass die gesehenen Bewegungen hinsichtlich ihrer Intensität (Verhältniss des zurückgelegten Weges zur Zeit, welche dazu gebraucht wird, was der Physiker „Geschwindigkeit" nennt) überschätzt werden. Bringen wir eine Flüssigkeit mit darin schwebenden Körperchen, wie z. B. Blut, unter das Mikroskop und legen ein Deckglas auf, so trocknet durch Verdunstung am Rande des Deckgläschens die Flüssigkeit rasch ein und es entstehen Strömungen in dem Objecte, falls der Tropfen so gross war, dass er die Ränder des Deckgläschens erreicht.

Unter dem Mikroskope sieht man dann in den durch Zerspringen des auftrocknenden Blutkuchens entstandenen Hohlräumen die Blutkörperchen, gleich wie in Blutgefässen, sich wälzen und der Anfänger würde dieses vom Verfasser bei grossen Blutstropfen und grossen Deckgläschen viertelstundenlang beobachtete Bewegungsschauspiel leicht als eine physiologische Bewegung missdeuten können, besonders wenn er jemals das später in diesem Leitfaden zu beschreibende Phänomen des Blutkreislaufes in den Adern der Schwimmhaut eines lebenden Frosches gesehen haben würde, während ersteres doch ein rein physikalisches Phänomen ist. Wählen wir eine Flüssigkeit mit noch kleineren Körperchen (die Blutkörperchen des Menschen haben circa 0·0077 *mm* im Durchmesser), welche etwa blos $^1/_{1000}$ *mm* im Durchmesser haben, wie z. B. sehr fein zerriebenen Carmin in Wassertröpfchen, so werden wir bei starker Vergrösserung (etwa 400—500mal linear) diese doch gewiss nicht lebendigen feinstvertheilten Farbstoffkörner in dem Wasser auf- und abhüpfen und vielleicht, wenn sie sehr klein sind, mückenartig in sehr winzigen Amplituden herumschwärmen sehen. Diese Bewegung hält man für eine solche physikalischen Ursprungs und während einige Forscher ihre Ursachen in Strömungen oder Vibrationen der Flüssigkeit sehen, welche so schwach sind, dass ihnen nur sehr kleine und sehr leichte Körperchen nicht genug Trägheit entgegensetzen, so dass — und dies ist ja erwiesene Thatsache — die Bewegung desto deutlicher auftritt, je beweglicher die Flüssigkeit, je leichter die Körnchen an sich (spec. Gewicht) und je kleiner sie sind, erklären andere diese Erscheinung aus der Attraction der Molecüle und nennen sie **Molecularbewegung**. Sie kommt in der organischen und unorganischen Natur gleich häufig vor. Bringen wir mittelst eines Falzbeines oder Messerrückens etwas von dem an der inneren Partie der Wange haftenden Schleime unseres Mundes zwischen Objectträger und Deckglas, so werden wir nebst den eckigen, breiten Epithelzellen der Mundschleimhaut, Speiseresten, vielleicht auch den oben abgebildeten Stärkekörnchen, stets eine Anzahl runder, von einer Menge wimmelnder Körnchen — welch' letztere auch bei starker Vergrösserung nur als Punkte erscheinen — erfüllter Scheiben (in Wirklichkeit sind es, wie uns die Mikrometerschraube überzeugen wird, runde Körper) erblicken.

Messen unter dem Mikroskope.

§ **64**. Messen heisst vergleichen. Auch unter dem Mikroskope wird gemessen, indem man vergleicht. Zur Vergleichung dient ein Massstab, das sogenannte Mikrometer, wohl zu unterscheiden von der Mikrometerschraube, welche zum Einstellen dient und — wie oben bei Beschreibung der Stative ausgeführt wurde — auch wirklich zum Messen dienen kann, nämlich als sogenanntes Focimeter zum Messen der Dicke — Tiefe — der Objecte. Früher pflegte man auch die Längendimension der Objecte mit der Schraube zu messen. Das Object wurde mittelst einer genauen Schraube durch das Gesichtsfeld gerückt und an dem getheilten Umfange der Schraube konnte man die Verrückung ablesen.[1]) Hatte ein Schraubengang eine Höhe von $^1/_{10}$ *mm* und war die Trommel, welche den Schraubenkopf umgab, am Umfange in 100 Theile getheilt, so wurde das Object bei einer ganzen Umdrehung der Schraube um $^1/_{10}$ und bei einer

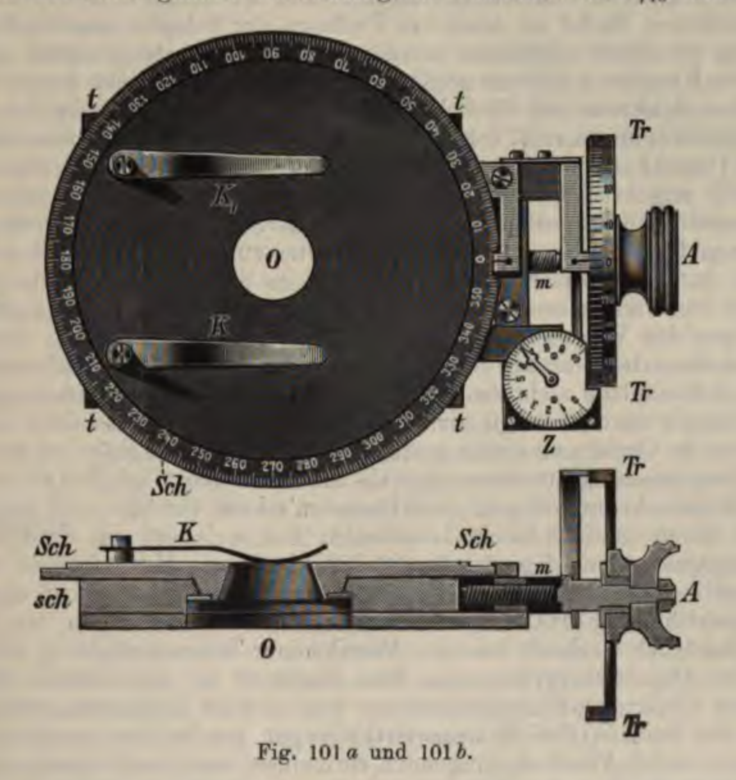


Fig. 101 *a* und 101 *b*.

Umdrehung um $^1/_{100}$ des Trommelumfanges um $^1/_{1000}$ eines Millimeters verschoben; mittelst eines Nonius konnte man so Verrückungen bis zu $^1/_{10000}$ *mm* ablesen. War nun im Ocular ein Fadenkreuz angebracht, so merkte man sich den Stand des Zeigers an der Trommel, wenn das eine Ende des zu messenden Objectes die Kreuzung der Fäden im Oculare zu berühren schien; nun drehte nun an der Trommel den Stand ab. Um so viel Theile des Trommelumfanges man so lange, bis das andere Ende den Kreuzungspunkt berührte, und las man das Object verschoben hatte, so viel Tausendstel eines Millimeters war das Object lang. Solche Objecttisch-Schraubenmikrometer mussten aber sehr

---

[1]) Hiezu können bei grösseren Objecten, wenn es sich nicht um sehr genaue Messung handelt, auch die oben beschriebenen beweglichen Objecttische mit Scalen dienen (sogenannte Findertische). Seite 77 u. ff.

genau gearbeitet sein, um brauchbare Resultate zu ergeben und der Fehler stieg mit der Vergrösserung.

Uebrigens verfertigt Carl Zeiss in Jena Objecttische, welche zu sehr genauen Messungen solcher Objecte mittelst Schraubenmikrometers auch heute noch, wo man billigere Messbehelfe besitzt, mit Vortheil dienen, besonders falls die zu messenden Objecte grösser sind, als das Gesichtsfeld.

Fig. 101 *a* und 101 *b* stellen einen solchen „Messtisch", welcher auf circa 140 bis 150 Kronen zu stehen kommt, dar, und zwar Fig. 101 *a* von oben, Fig. 101 *b* im Durchschnitte betrachtet. In beiden Figuren bezeichnen dieselben Buchstaben dieselben Theile.

t ist die eigentliche Tischplatte, auf welcher sich eine behufs Orientirung des Objectes und auch behufs Ermöglichung von Winkelmessungen kreisrund geformte, mit der Objecttischöffnung *O*, sowie den Klammern zum Festhalten des Präparates versehene Scheibe *Sch* dreht. Die Drehung kann mit Hilfe einer rechts sichtbaren Marke an einer am Umfange der Scheibe angebrachten Gradeintheilung (in 360°) abgelesen werden. Die Mikrometerschraube *m*, welche mittelst des Knopfes *A* gedreht werden kann, verschiebt mittelst des in Fig. 101 *a* ersichtlichen Schlittens *sch* die Scheibe *Sch* von rechts nach links. Ist die Höhe eines Schraubenganges z. B. 0·4 *mm*, so verschiebt sich das zu messende Object bei einer Umdrehung um 0·4 *mm*. An dem Schraubengriffe *A* ist nun noch die Trommel *Tr* angebracht, welche am Rande in 200 Theile getheilt ist. Ein Theil dieser Randeintheilung entspricht also 0·002 *mm*. Die ganzen Umdrehungen der Schraube gibt mit Hilfe einer kleinen Uebersetzung der Zeiger *Z* an.

Man kann so Objecte, welche bis zu 1 *cm* lang sind, mit einer Genauigkeit bis zu 0·002 *mm* messen. Freilich steigt auch hier ein etwaiger Fehler mit dem Steigen der Vergrösserung, denn er wird mit vergrössert.

Deshalb verlegte man in sehr zweckmässiger Weise die Messschrauben in das Ocular und mass dann nicht das Object direct, sondern blos dessen vergrössertes Bild. Da nun die durch das Objectiv bewirkte Vergrösserung des Bildes im Verhältniss zu jener im Oculare eine sehr grosse ist, so musste der Fehler bei der Messung mit der Vergrösserungszunahme eher ab- als zunehmen. Carl Zeiss in Jena hat ein Ocularschraubenmikrometer mit Ramsden'schem Oculare und neuerer Zeit auch mit Compensations-Ocular construirt, bei welchem ein Strichkreuz auf einer Glasplatte sammt dem ganzen Oculare durch die Messschraube über dem vom Objective entworfenen Bilde fortgeführt wird; hier entspricht ein Intervall der Trommeltheilung 0·001 *mm* und man kann damit Längen bis zu 4 *mm* messen. Natürlich wechselt hier der Werth einer Trommeldrehung mit der angewendeten Objectivvergrösserung. Man bestimmt sie auf ähnliche Weise mit Hilfe eines Objectisch-Glasmikrometers, wie dies im Folgenden bezüglich des Werthes der Ocular-(Glas-)Mikrometertheilungen beschrieben werden wird, und verweisen wir, um Wiederholungen zu vermeiden, auf das Folgende. Erwähnen wollen wir noch, dass das Zeiss'sche Ocularschraubenmikrometer eine Einrichtung besitzt, wodurch die ganzen Umdrehungen ähnlich wie beim Objecttisch-Schraubenmikrometer mittelst des Zifferblattes *Z* an einer im Gesichtsfelde sichtbaren Scala gezählt werden. Versieht man die Trommeltheilungen der benannten Apparate mit Nonius, so können noch viel feinere Ablesungen erfolgen. Ein Ocularschraubenmikrometer kostet bei Zeiss circa 90—105 Mark, bei Reichert 70 Kronen ö. W.

Aehnlich zu verwenden sind die Ocularspitzenmikrometer, bei welchen das Bild des zu messenden Objectes oder der zu messenden Distanz zwischen zwei mittelst Schrauben beweglichen Spitzen, welche im Ocular in der Ebene der Blendung sich befinden, gleichwie zwischen Cirkelspitzen gefasst und mit Hilfe eines zur Vergleichung dienenden Objectivglasmikrometers der wahre Werth der Distanz beider Spitzen, ähnlich wie wir dies gleich bezüglich der

Ocularglasmikrometer besprechen werden, bestimmt wird. Ausserdem gibt es noch sehr zahlreiche Methoden und Apparate zur Vornahme von Messungen unter dem Mikroskope, doch können sie als nicht gebräuchlich in diesem Leitfaden übergangen werden.

Heutzutage sind am gebräuchlichsten die sogenannten Glasmikrometer, das sind sehr genaue Theilungen auf Glas. Man kann nämlich mit feinen Theilmaschinen in Glas sehr feine Theilungen mit Diamant einritzen. Wie weit dies mit Hilfe einer genial erdachten Vorrichtung getrieben werden kann, beweisen die von Nobert hergestellten sogenannten Probeplatten, in welche Theilungen von hoher Feinheit eingeritzt sind, und wir haben diese Platten schon oben (Seite 110 und 127) als Mittel zur directen Prüfung des optischen Vermögens der Objective kennen gelernt. Hier erwähnen wir ihrer blos, um in Erinnerungzu bringen, wie unendlich feine Theilungen man auf Glas herstellen kann; so feiner bedarf man aber zu den Zwecken der Messung durchaus nicht.

Man denke sich einen Millimeter auf einem Objectträger in 100 Theile getheilt. Diesen bringt man auf den Objecttisch des Mikroskopes und legt nun darauf das Object, dessen Länge man erfahren will. Blickt man nun durch das Mikroskop und sieht, das Object, z. B. eine Milbe, bedecke drei kleinste Theile des Massstabes, so wird man sagen, die Milbe hat $^3/_{100}$ *mm* Länge. Doch gilt hier dasselbe wie beim Objectisch-Schraubenmikrometer: Jeder Fehler der Theilung erscheint vergrössert. Auch würde das Mikrometer auf diese Art beschmutzt und beim Reinigen die Theilung lädirt; man könnte auch fertige Präparate, die sich schon auf einem anderen Objectträger befinden, gar nicht messen, da sie in einem vom Glasmikrometer verschiedenen Niveau liegen und daher nicht gleich deutlich mit dem Massstabe erscheinen würden. Deshalb verlegt man das Mikrometer heutzutage in das Ocular, indem man eine runde, in Messing gefasste, getheilte Glasplatte (Fig. 102) so auf die Blendung des Oculars bringt, dass die Theilung durch die Ocularlinse vergrössert, aber scharf und deutlich erscheint; diese Vorrichtung heisst Ocularmikrometer und kostet sehr wenig, z. B. bei Merker oder Ebeling 5 Kronen, bei Reichert in Wien und Zeiss in Jena 6 Kronen ö. W.; ist das Ocular eigens für die Aufnahme und Feststellung des Mikrometers, sowie die Einstellung der Ocularlinse durch Verschiebung mittelst steil steigender Schraube (sogenannter „Schneckenschlitz") oder blosser Schiebung eingerichtet, so heisst man es Mikrometerocular; es lässt sich dann auch mit einer Schraube zum Verschieben des Massstabes über dem Gesichtsfelde einrichten und kostet 18 bis 50 Kronen ö. W., je nach der Feinheit und Genauigkeit der Ausführung. Da heutzutage bewegliche Objecttische wieder sehr häufig anzutreffen sind und die Einstellung des Objectes beim Messen auf die Theilung das Einstellen der Theilung auf den Gegenstand ersetzt und so die Beweglichkeit des Massstabes überflüssig erscheinen lässt, so werden die Mikrometeroculare der modernen Mikroskope meist mit festliegender Theilung angefertigt.

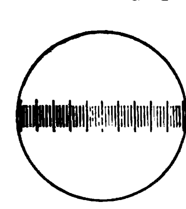


Fig. 102.

Carl Zeiss in Jena liefert solche Mikrometeroculare als Compensationsoculare Nr. 6 mit einerTheilung, welche in Relation zu den von den Zeiss'schen Apochromaten gelieferten Vergrösserungen steht.

Die rationelle Abstufung in der Brennweite der Apochromate hat es nämlich ermöglicht, für die mit den von Carl Zeiss gelieferten Systemen zu machenden Messungen eine wesentliche Vereinfachung sowohl in rechnerischer als in tabellarischer Beziehung einzuführen. Das zum Gebrauche mit denselben angefertigte Mikrometerocular besteht aus einem in der bisherigen Form ge-

fassten Compensationsocular 6 (neue Construction) und einer Theilung, deren Intervall für ein ideelles System von 1·0 *mm* Brennweite (unter Voraussetzung der normalen Tubuslänge) = 0·001 *mm* ist.

Der Werth eines Intervalles steigt bei dieser Einrichtung in demselben Verhältnisse und in den gleichen Zahlen, wie die Brennweite der Systeme, ist also:

0·0020 *mm*	für Apochromat	2·0 *mm*	(1·30 und 1·40 N. A.)
0·0025	„ „ „	2·5 „	
0·0030	„ „ „	3·0 „	(1·30 und 1·40 N. A.)
0·0040 *mm*	für Apochromat	4·0 „	
0·0080	„ „ „	8·0 „	
0·0160	„ „ „	16·0 „	

so dass die Benennung jedes Systems zugleich auch die Mikrometertheilung in Bezug auf dasselbe charakterisirt, indem das Intervall derselben so viel Tausendstel Millimeter Länge bedeutet, wie das gerade benutzte System Millimeter Brennweite hat.

Für den gewöhnlichen Gebrauch gewährt daher dieses Compensationsocular 6 bei unseren Apochromaten den Vortheil einer vereinfachten Rechnung und macht die Aufstellung einer besonderen Werthtabelle überhaupt überflüssig, da die betreffenden Zahlen durch die Benennungs zahlen der Objective ausgedrückt sind. Bei C. Reichert ist das Arbeits-Compensationsocular 6 so eingerichtet, dass, wenn in dasselbe das gewöhnliche Ocularmikrometer, bei dem 10 *mm* in 100 Theile getheilt sind, eingelegt wird, es genau dieselben Bequemlichkeiten gewährt, wie Zeiss' Messocular.

Mit solchen Apparaten kann man Messungen bis zu einer Genauigkeit von 0·001 *mm* vornehmen, und ein Ocularmikrometer zum Einlegen in ein Ocular (in welches, gibt der Verkäufer an) sollte auch beim billigsten Mikroskope mitbezogen werden. Im Wege verkleinerter Photographie stellt man jetzt solche Mikrometer mit Bezifferung her, welche 10 *mm* in 100 Theile getheilt enthalten, höchstens 7 Kronen ö. W. kosten und meiner Erfahrung nach sehr bequem sind.

Das Mikrometer im Ocular ist aber kein absoluter Massstab, wie jenes auf dem Objecttische: seine Geltung ist eine relative und wird vom Verkäufer, wenn man das ganze Mikroskop gleich mit einem Ocularmikrometer bestellt, in einer Tabelle für die verschiedenen Objectivsysteme angegeben oder man bestimmt sich die Geltung mit Hilfe eines Objecttisch-Glasmikrometers und legt sich die Tabelle selbst an, falls nicht eine solche Tabelle durch die Brennweiten der Objective selbst gegeben ist, wie wir dies beim Compensations-Messocular eben gehört haben. Ein Beispiel wird dies erläutern. Das gläserne Objecttischmikrometer sei in 100 Theile eines Millimeters getheilt; wenn nun bei dem Oculare, in welches das Ocularmikrometer eingelegt ist, combinirt mit dem schwächsten Objectivsysteme, 20 Theile des Objecttischmikrometers mit 4 Theilen des Ocularmikrometers zusammenfallen, so hat bei dieser Vergrösserung (und diese muss durch eine Marke an dem etwa ausschiebbaren Tubus ein- für allemal fixirt werden, da sie bei eingeschobenem Tubus kleiner, bei ausgezogenem grösser wird[1]) ein kleinster Theil des Ocularmikrometers den Werth 0·05 *mm*. Entsprechen bei Anwendung eines stärkeren Objectivsystemes und der durch die Marke, die am Tubusauszuge gemacht wurde, fixirten Tubuslänge 10 Theile des Ocularmikrometers 8 Theilen des Objecttischmikrometers, so hat man bei dieser Combination einen kleinsten Theil des Ocularmikrometers gleich dem Werthe 0·008 *mm* zu setzen. Nimmt man nun das Objecttischmikrometer weg

[1]) Bei Mikroskopstativen mit getheiltem Tubusauszug nimmt man eine Tubuslänge von 160 *mm* als normale an.

und legt ein zu messendes Object auf den Objecttisch, so wird man die Theilung des Ocularmikrometers über dem Objecte schweben sehen und kann nun, da man den Werth eines Ocularmikrometertheiles kennt, das Object messen. Bedeckt es z. B. scheinbar 18 Ocularmikrometertheile, so misst es 18mal 0·008, d. i. 0·144 *mm*. Da die vielen Decimalstellen nicht sehr bequem sind, hat man als Einheit in der Mikroskopie das Tausendstel Millimeter unter dem Namen Mikron kurzweg mit dem griechischen Buchstaben μ bezeichnet eingeführt und so entspräche die im vorigen Beispiele ermittelte Länge des Objectes 144 μ.

Man hat auch Netzmikrometer [1]), d. i. Flächenmasse, und zwar sowohl Objecttischnetzmikrometer als als auch Ocularnetzmikrometer. Das letztere hat natürlich wieder nur relativen Werth. Man sieht leicht ein, dass das Netzmikrometer zu Zählungen dienen kann, z. B. wie viel Bacterien auf $^1/_{100}$ mm^2 des Gesichtsfeldes kommen. Fertigt man eine sehr seichte, etwa $^1/_{10}$ *mm* tiefe Glaswanne von 1 cm^2 Basis und theilt den Quadratcentimeter durch netzförmige Theilung in 100 mm^2, so kann man die Anzahl von Körperchen in einem gewissen Cubikinhalte einer Flüssigkeit, z. B. Hefe oder Blut. unter dem Mikroskope abschätzen. Da zu solchen Apparaten eine genaue Gebrauchsanweisung gegeben wird, so brauchen wir hier daraut nicht näher einzugehen. [2])

[1]) Vergl. Fig. 8 in diesem Leitfaden auf Seite 18. Ein Netzmikrometer sieht nämlich in einem guten Mikroskope so aus.

[2]) Miescher, Dr. Türk, Zappert, Etzholtz u. a. m. haben derlei Apparate theils angegeben, theils verbessert; doch ist ein Apparat, den Professor Thoma erfunden und Carl Zeiss besonders sorgfältig ausgeführt hat, am meisten verbreitet. Fig. 103 stellt einen solchen Blutkörperchen-Zählapparat (Haemocytometer) nach Professor Thoma in Etui vor. In Wien ist bei Reichert ein derartiger Blutkörper-Zählapparat erhältlich, ebenso bei L. Merker, Fritz Ebeling oder R. Siebert. In den sogenannten „Melangeur" *M* (Mischpipette, auch „Schüttelmischer" genannt) wird der zu untersuchenden Person durch Oeffnen eines kleinen Gefässchens entnommenes Blut mittelst des Mundstückes *S* aufgesaugt, und zwar in einer an der Theilung genau bestimmten Menge, so dass man das Volum der aufgesogenen Flüssigkeit kennt. Dann wird durch weiteres Saugen eine für Blut indifferente Verdünnungsflüssigkeit (Zuckerlösung



Fig. 103.

mit etwas Kochsalz) abgemessen und durch Schütteln dieser mit der Blutmenge gemischt (daher der Name „Melangeur"). Zur Bestimmung der rothen Blutkörperchen geschieht die Mischung mit der Verdünnungsflüssigkeit im Verhältniss von 1 : 100. Hierauf wird das Gemisch in die 0·1 *mm* tiefe Zählkammer *Z* ausgeblasen und nun unter dem Mikroskope etwa mit Reichert's Objectiv 5 und Ocular 3 nach Bedeckung mit einem sehr ebenen starken Deckglase von 0·4—0·5 *mm* Dike die auf die einzelnen Felder der Netztheilung (1 mm^2 in 400 Theile) der Zählkammer entfallenden rothen Blutzellen gezählt. Will man die weissen Blutzellen ebenfalls zählen, bedarf man noch eines zweiten Melangeurs. Dieser zweite Melangeur ist für eine Verdünnung von 1 : 10 bestimmt. Der ganze Apparat mit beiden Melangeuren kostet circa 40 Kronen ö. W. Jedem Apparate ist übrigens eine genaue Gebrauchsanweisung beigegeben, so dass wir hier nicht näher auf die Technik derselben eingehen zu sollen glauben, Einen solchen Apparat kann aber nach Ranke — falls man über einen deckglasartigen Glas-Netzmikrometerstab verfügt — ein innen cylinderförmiges Thermometerröhrchen einigermassen ersetzen, nur ist es dann allerdings

Wir haben nun die Art und Weise angedeutet, wie man die Längen-. Flächen- und Cubikmessungen unter dem Mikroskope vornimmt, müssen aber — wie oben auf Seite 59 dieses Buches bei Besprechung der Stative anlässlich der Erwähnung der Verwerthung der getheilten Einstell-Mikrometerschraube als Dickenmesser („Focimeter") versprochen wurde — auf diese Vorrichtung zurückkommen. Nehmen wir an, der Umfang einer Mikrometer-Einstellschraube sei in 100 Theile getheilt, ein Schraubengang habe $^1/_4$ *mm* Höhe, so verändert eine ganze Umdrehung der Schraube den Focalabstand des Objectives von der eben eingestellten Durchschnittsebene („optischer Durchschnitt") um 0·25 *mm* Höhe, folglich bei einer um $^1/_{100}$ Theil des Umfanges um 0·0025 *mm* Höhe. Stellt man nun auf die obere Fläche eines mikroskopischen Objectes, z. B. eines Hollundermark-Querschnittes, scharf ein, notirt den Stand der Schraube, stellt dann auf die untere Fläche dieses Querschnittes ein, notirt wieder den Stand der Schraube und die Differenz ergebe 25 Theile des getheilten Schraubenumfanges, so ist der Hollundermark-Querschnitt $25 \times 0{\cdot}0025$ *mm* 0·0625 *mm* dick.

Dieses Resultat ist aber nur theilweise genau, und zwar aus folgenden. nach Prof. Dr. Julius Vogel in Halle leicht fasslich dargestellten Gründen.

Die Augen der Menschen haben eine etwas veränderliche Sehweite, weshalb sie durch eigenthümliche, mit Willkür hervorbringbare Veränderungen bis zu einem gewissen Grade zum deutlichen Sehen sowohl entfernter als näherer Gegenstände fähig gemacht werden.

Man nennt dies das Accomodationsvermögen [1]). Dasselbe gilt auch beim Sehen durch das Mikroskop in höherem Grade bei schwachen, in viel geringerem Grade bei stärkeren Vergrösserungen. Grössenbestimmungen mit dem Focimeter werden aus diesem Grunde ungenau, wenn man bei denselben das Auge bei Bestimmung des einen Endpunktes für nahe, bei der des anderen für entfernte Gegenstände accomodirt. Bei Personen, welche ein sehr geringes Accomodationsvermögen besitzen, die also entweder sehr kurzsichtig oder sehr weitsichtig sind, fällt diese Fehlerquelle weg; für solche mit gut accomodirenden Augen wird sie wenigstens geringer, wenn sie ihre Messungen nur bei Anwendung sehr starker Vergrösserung anstellen. Wer solche Messungen behufs Ermittelung noch unbekannter Grössenverhältnisse an-

sehr wünschenswerth, wenn man eine grössere, leicht messbare Menge Blutes, etwa 1 *cm*³ entnimmt. wie man sich solche durch Schröpfen jederzeit leicht verschaffen kann. Man mischt dann 1 *cm*³ des zu untersuchenden Blutes mit etwa 100 *cm*³ schwacher Zuckerlösung (zu 100 *g* Wasser etwa 1 *g* Zucker), welche man mit etwas Kochsalz (0·8 *g*) versetzt. Man hat also dann eine hundertfach verdünnte Blutflüssigkeit vor sich. Hierauf lässt man in das Thermometerröhrchen, dessen Durchmesser (Caliber) man mittelst Ocularmikrometers bei schwächerer Objectivvergrösserung unter dem Mikroskope genau bestimmt hat, eine kleine Menge dieser Blutmischung durch die Capillarwirkung aufsaugen und misst nun die Länge der aufgesogenen Flüssigkeitssäule. Man bestimmt nun nach der Formel für den Cubikinhalt eines Cylinders das Volumen der aufgesogenen Flüssigkeitsmenge ($V = r^2 \pi l$) und da man auch das Verhältniss der Flüssigkeitsmischung zu der anfänglich gemessenen Blutprobe (100 : 1) genau kennt, so weiss man dadurch auch, wie viel Blut in dem nun abgemessenen Minimalvolum der Blutflüssigkeit enthalten ist. Der Inhalt des Thermometerröhrchens wird nun durch vorsichtiges Ausblasen auf einen Objectträger entleert, mittelst einer Nadelspitze mit einem Tröpfchen honigdicker, reiner Gummilösung vermischt und rasch zu einem länglichen Streifen ausgebreitet. Dieser Streifen erstarrt sogleich und wird nunmehr mit dem Netzmikrometer gleichwie mit einem Deckgläschen bedeckt und bei circa 200—300maliger Vergrösserung unter dem Mikroskope betrachtet, wobei man die Blutkörperchen in den Quadraten des Netzmikrometers als zackige Gebilde wahrnimmt und bequem zählen und nun berechnen kann, wie viel rothe und weisse Blutzellen in einem Cubikmillimeter Blut enthalten waren. (Normales Männerblut muss in einem Cubikmillimeter 5 Millionen rothe und 14.000 weisse Blutkörperchen, Frauenblut blos $4^1/_2$ Millionen rothe Blutscheiben enthalten.) Aehnlicherweise kann man auch Hefezellen u. dgl. in Flüssigkeiten suspendirte Körperchen zählen. Ein beweglicher Objecttisch leistet beim Zählen gute Dienste, namentlich ein — wie Fig. 54 auf Seite 77 dieses Buches zeigt — eingerichteter, da er gestattet, rasch die ganze Zählkammer durch das Gesichtsfeld zu führen, ohne ein Quadrat zu vergessen. Nachet in Paris projicirt die Quadrate mittelst eines achromatischen Condensors in die Bildebene. Zu bemerken ist noch, dass auf dem im April 1900 zu Wiesbaden abgehaltenen Congresse für interne Medicin Dr. Starke aus Berka über den Thoma-Zeiss'schen Blutkörperchen-Zählapparat einen Vortrag gehalten hat, in welchem er sich dahin aussprach, dass der Luftdruckwechsel unserer Atmosphäre die Resultate dieses subtilen Apparates beeinflusse und es unrichtig sei, dass die auf hohen Bergen mit dem Apparate erhaltenen grösseren Zahlen auf eine Vermehrung der Blutkörperchen im Höhenklima zurückzuführen seien. Die Aerzte älterer Richtung theilten dagegen Starke's Ansicht nicht. (Wiener medic. Wochenschrift, Jahrg. 1900, Nr. 44, S. 2085.)

[1]) Vergl. Einleitung dieses Buches, Seite 1.

stellen will, thut gut, wenn er vorher durch Messungen bekannter Grössen ermittelt, welchen Einfluss die individuellen Verhältnisse seiner Augen dabei ausüben, wie gross daher der Fehler ist, den er dabei machen kann. Ausser der genannten gibt es aber auch noch andere Fehlerquellen bei solchen Messungen. Diese werden nämlich nur dann ganz genau, wenn die Punkte, deren Niveaudifferenz man messen will, durch eine Luftschichte[1]) von einander getrennt sind. So zum Beispiele, wenn man den Abstand von feinen Haaren misst, die seitlich aus einer senkrechten Fläche vorragen, auf der sie aufsitzen; oder verschiedene Punkte, auf der schiefen Fläche eines Crystalles, aus deren Niveaudifferenz sich die Neigung der Crystallfläche gegen die Ebene des Gesichtsfeldes berechnen lässt, wenn man gleichzeitig die horizontale Entfernung dieser Punkte mit dem Mikrometer misst. Befindet sich dagegen zwischen den beiden Punkten, deren Niveaudifferenz man bestimmen will, nicht Luft, sondern Wasser, Glas oder ein anderes durchsichtiges Medium, welches einen anderen Brechungsexponenten für die Lichtstrahlen besitzt, als Luft, so drückt die durch obige Methode gefundene Entfernung nicht mehr die wirkliche Niveaudifferenz der Punkte aus, das Resultat der Beobachtung bedarf vielmehr einer Correction. Professor Vogel führt für obige Behauptungen einige Beispiele an und wir wollen ihm in seiner Darlegung schon darum folgen, da die Fälle, die hier in Betracht kommen, auch deshalb ein gewisses Interesse darbieten, weil sie anschaulich machen, wie Deckgläschen oder Flüssigkeiten, unter welchen die unter dem Mikroskope zu betrachtenden Objecte meist zu liegen kommen, auf die Deutlichkeit des wahrgenommenen vergrösserten Bildes gewisse Einflüsse ausüben. (Vgl. § 23 d. B.) Wir gehen dabei, dem Gedankengange Professor Vogel's genau folgend, wieder von Thatsachen aus, von denen sich Jedermann selbst überzeugen kann. Man bringe irgend ein Object unter das Mikroskop, z. B. Schmetterlingsschuppen und betrachte dasselbe, indem man sorgfältig so einstellt, dass das Object möglichst scharf und deutlich erscheint. Legt man nun ein dickes Glasplättchen, etwa einen Objectträger auf den Gegenstand und beobachtet wieder, so wird man finden, dass das Bild nicht mehr scharf erscheint; man muss jetzt das Objectiv etwas höher stellen, wenn das Bild des Gegenstandes fast ebenso deutlich erscheinen soll, als früher. Legt man nun noch einen zweiten Objectträger auf, so erscheint das Bild wieder undeutlich und man muss das Objectiv nochmals höher stellen, wenn das Bild mit einiger Deutlichkeit erscheinen soll. Nimmt man nun die beiden Objectträger weg, so erscheint das Bild wieder undeutlich und erreicht erst dann das Maximum seiner Schärfe, wenn man das Objectiv wieder gesenkt und auf den ursprünglichen Stand zurückgebracht hat. Der Gegenstand ist also durch die aufgelegten Glasplatten gehoben worden, etwas, was wir theoretisch bei Besprechung des optischen Theiles und insbesondere der Immersions- und Correctionssysteme bewiesen, was wir hier aber, da es beim Arbeiten mit dem Mikroskope immer wieder hervortritt, mit den Worten Prof. Vogel's praktisch oder vielmehr experimentell dargelegt haben.

Diese Erscheinung kommt nun in Betracht, wenn man mit dem Focimeter die Dicke einer Glasplatte eines Deckgläschens u. dgl. bestimmen will, etwa in der Weise, dass man auf beiden Flächen des Deckgläschens schwache Marken mit Tinte anbringt und hierauf die Tiefendifferenz beider Marken mit dem Focimeter misst. Die obere Marke erscheint an ihrer natürlichen Stelle, die untere dagegen, über welcher ja das Glasplättchen sich befindet, erscheint gehoben. Die so gefundene Niveaudifferenz fällt also geringer aus, als die wirkliche Dicke der Glasplatte, welche man mittelst

[1]) Brechungsindex der Luft (n)=1.

[illegible] starke
[illegible] Bestimmung
[illegible] von der
[illegible] auf die Messung in
[illegible] zu sprechen.
[illegible] mit
[illegible] sein, d. h. in
[illegible] auf flache Objecte
[illegible] besteht aus einer
[illegible] Öffnung für den
[illegible] Achse des Mikro-
[illegible] Tubus aufgesteckt
[illegible] drehen kann. In den
[illegible] eingesetzt, dessen
[illegible] aus drei feinen pa-
[illegible] Oculare ist rechtwinklig
[illegible] seinem freien Ende auf

der obenerwähnten runden Scheibe spielt. Will man nun einen Flächenwinkel messen, so stellt man scharf ein, verschiebt dann das Präparat, bis der Kreuzungspunkt der den zu messenden Winkel bildenden Linien mit dem Kreuzungspunkt der beiden das Ocularfadenkreuz bildenden Fäden (nämlich des einfachen einen Fadens und des mittleren Parallelfadens des aus 3 Fäden gebildeten anderen Fadens) genau zusammenfällt und dreht dann das Ocular so, bis einer der das Fadenkreuz bildenden Fäden den einen Schenkel des zu messenden Winkels deckt. Jetzt notirt man den Stand des am Ocular befestigten Zeigers; er zeigt z. B. 40°; nun dreht man weiter bis der andere Schenkel von demselben Faden des Fadenkreuzes gedeckt wird; nun zeige der Zeiger 60°; der gemessene Winkel hat dann 60 — 40, das ist 20°. Soll das Goniometer zu sehr genauen Messungen dienen, dann bringt man am Zeiger einen Nonius an und benützt gleich einen eigenen mit dem Goniometer fest verbundenen Tubus, der in der groben Einstellung mittelst eines Klemmringes fixirt werden kann oder mit Zahn und Trieb versehen ist, damit bei Drehung des mit dem Zeiger verbundenen Oculars sich nur dieses drehe und nicht am Ende das Rohr und die mit diesem verbundene Scala die Drehung mitmachen kann.

Ausser diesem einfachen Goniometer kann auch Lesson's Doppelbild-Goniometer am Mikroskope angebracht werden, doch ist der Apparat als Nebenapparat an Mikroskopen ziemlich selten, so dass wir hier in einem Leitfaden darauf nicht näher eingehen können, nur das wollen wir hier bemerken, dass dieses Goniometer mittelst eines Prismas von Doppelspath (Kalkspath) zwei Bilder des Crystalles zeigt, an dem man die Flächenwinkel messen will.

Dreht man nun die an dem Apparate angebrachte, mit Kreistheilung versehene Scheibe, so liegen die zwei Bilder des Crystalles verschieden übereinander, je nachdem man dreht. Dreht man, bis sich die einen Schenkel beider Bilder decken und notirt den Stand der Scala an einem feststehenden, mit Nonius versehenen Zeiger, dreht dann weiter, bis sich die anderen Schenkel im Doppelbilde decken und notirt wieder den Stand, so gibt die Differenz der beiden notirten Stände die Winkelgrösse an. Mit dem Doppelbild-Goniometer kann man bis auf eine Minute und darunter genau messen und entfällt hier das ohne beweglichen Objecttisch nicht ganz leichte Einstellen in das Fadenkreuz gänzlich. Auch mittelst eines um die optische Achse drehbaren runden Objecttisches,[1]) der am Rande eine Kreistheilung trägt, und eines feststehenden Fadenkreuz-Oculares kann man Winkel unter dem Mikroskope messen; diese Vorrichtung findet sich deshalb an den für mineralogische Zwecke bestimmten Polarisations-Stativen, ebenso aber, wie wir oben gesehen haben, an den modernen grösseren Stativen mit rundem drehbarem Tische. Fehlt aber die Kreistheilung an den runden Tischen zunächst für bacteriologische Zwecke bestimmter Stative, so ist sie mit wenig Kosten anzubringen.

Zur Noth kann man übrigens Flächenwinkel mit dem Ocularmikrometer messen, freilich nicht direct, sondern durch eine Berechnung („Bestimmung") und zwar auf trigonometrischem Wege. Da solche Messungen bei mikrochemischen Untersuchungen leicht vorkommen können und da man bei der Billigkeit der Ocularmikrometer dieselben sehr häufig antrifft und sie eigentlich keinem Mikroskope fehlen sollten, so geben wir im Folgenden eine Anleitung zur Messung solcher Winkel mit dem Ocularmikrometer, wobei

[1]) Ein solcher findet sich an dem oben beschriebenen Schraubenmikrometer von Zeiss angebracht. (Fig. 100.)

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

indem man die Umrisszeichnungen auf demselben Blatte Papier ausführt. Hierauf schneidet man mit einer Scheere die einzelnen gezeichneten Körnchen sorgfältig aus, wiegt dieselben auf einer feinen Waage, dividirt das Gesammtgewicht durch die Anzahl der Körnchen, und erfährt so das mittlere Gewicht eines Papier-Stärkemehlkornes. Durch Vergleichung dieses Gewichtes mit demjenigen einer Kreisfläche von bekanntem Durchmesser aus demselben Papier erfährt man den Durchmesser des mittleren Papierstärkekornes und aus der bekannten Vergrösserung der Zeichnung ergiebt sich der mittlere Durchmesser der kreisförmig gedachten Stärkemehlkörner. Man habe z. B. gefunden, dass 100 Papierstärkekörner 722 *mg* wiegen, so ist das mittlere Papierstärkekörnchen $\frac{722}{100} = 7 \cdot 22$ *mg* schwer. Schneidet man aus demselben Papier eine Kreisfläche von 30 *mm* Durchmesser, also 2828·5 mm^2 Inhalt, und findet, dass diese Papierscheibe 65 *mg* wiegt, so wird der Inhalt x des mittleren Papierstärkekörnchens nach der Proportion $\frac{7 \cdot 22}{65} = \frac{x}{2828 \cdot 5}$ gefunden; also $x = \frac{2828 \cdot 5 \, . \, 7 \cdot 22}{65} = 314 \cdot 22$ mm^2. Der Durchmesser r kann nun aus der Gleichung $r^2 \pi = 314 \cdot 22$ oder $r^2 \, . \, 3\frac{1}{7} = 314 \cdot 22$ erhalten werden. Demnach ist $r^2 = \frac{314 \cdot 22 \, . \, 7}{22} = \frac{2199 \cdot 54}{22}$ also sehr nahe $= \frac{2200}{22} = 100$ folglich $r = 10$ *mm*. Da nun die Vergrösserung der Zeichnung ein für alle Mal bekannt ist, so kennt man auch jetzt den wirklichen mittleren Durchmesser. Ist die Vergrösserung z. B. eine 200fache, so ist im obigen Falle der wirkliche mittlere Durchmesser der Stärkemehlkörner $= \frac{10}{200} = 0 \cdot 05$ *mm*."

Zeichnen unter dem Mikroskope und Bestimmung der Vergrösserung mittelst Doppeltsehens.

§ 66. Es leuchtet ein, dass man, wenn man die Gestalt des unter dem Mikroskope Gesehenen festhalten will, dasselbe zeichnen oder photographiren muss; während aber zum Letzteren schon umständlichere Apparate und Utensilien gehören, unterliegt es für einen geübten Zeichner keiner Schwierigkeit, das Bild eines Objectes zu zeichnen, welches er im Mikroskope sieht; da aber nicht jeder Mikroskopiker auch ein geübter Zeichner ist, so hat man verschiedene Methoden ersonnen, die es ermöglichen, das im Mikroskope entworfene Bild theils mit, theils ohne Hilfe von Apparaten auf dem Zeichenpapier projicirt zu erblicken, so dass man dann die Contouren blos nachzuziehen braucht. Von diesen zahlreichen Methoden werden wir nur einige erwähnen, da eine ausführlichere Besprechung weder nöthig noch dem Umfange dieses Leitfadens angemessen wäre.

Eine sehr einfache Methode zum Zeichnen ohne Apparat ist das sogenannte „Doppeltsehen." Dabei legt man ein Blatt Papier rechts neben den Fuss des aufrechtstehenden Mikroskopes auf den Tisch und sucht sich daran zu gewöhnen, mit dem linken Auge in das Mikroskop zu blicken, während dabei das rechte Auge auf das Blatt Papier gerichtet ist, wobei es natürlich offen bleiben muss. Bei einiger Uebung wird es nun leicht möglich sein, die Spitze des in der rechten Hand gehaltenen Bleistiftes durch das Verfahren, welches eben beschrieben wurde, gleichzeitig mit dem Bilde im Mikroskope zu sehen. Freilich gehört dazu eine derartige Regulirung der Beleuchtung, dass das mikroskopische Bild fast gleich hell mit dem Zeichenpapiere beleuchtet erscheint: Ist das Bild im Mikroskope heller, so sieht man

den Bleistift nicht deutlich, ist das Papier heller als das mikroskopische Bild, so entschwindet das Letztere, gleich als wäre es in einen weissen Nebel eingehüllt. Hat man kurzsichtige Augen, so muss man das Zeichenpapier überdies noch durch unterlegte Bücher etc. in die deutliche Sehweite bringen; sehr weitsichtige Beobachter dagegen müssen umgekehrt das Mikroskop höher stellen, indem sie es etwa auf dem Mikroskopkasten situiren, während das Papier auf dem Tische liegen bleibt. Auch die Farbe des Papieres soll mit der Färbung des Gesichtsfeldes übereinstimmen.

Misst man mit einem Zirkel die durch Doppeltsehen verfertigten Zeichnungen, die ein Kurzsichtiger gemacht hat und dann mit einem Mikrometer das Object selbst im Mikroskope, so wird man, wenn man die erste Grösse mit A, die zweite mit B bezeichnet, den Quotienten $\frac{A}{B} = V$, d. i. die Vergrösserung finden, in welcher der Kurzsichtige das Bild im Mikroskope sieht; thut man dasselbe mit der Zeichnung des Weitsichtigen, nimmt hier die Grösse der Zeichnung $= A_1$, so giebt $\frac{A_1}{B} = V_1$ nämlich die Vergrösserung, in welcher der Weitsichtige das Object erblickt. Eine einfache Vergleichung ergiebt, dass die Zeichnung des Weitsichtigen grösser sein wird, als die des Kurzsichtigen, d. h. $A_1 > A$; da nun der Dividend, das ist B (die wahre Grösse des betrachteten Objectes) in beiden Fällen gleich bleibt, so ergiebt sich daraus, dass auch $V_1 > V$ oder mit anderen Worten: Jeder Mensch sieht je nach der Brennweite seiner Augenlinse ein und dasselbe Object im Mikroskop bald grösser, bald kleiner! Was ist also die eigentlich richtige Vergrösserung?

Offenbar jene, in welcher das Object einem normalsichtigen Auge erscheint! — Was ist aber ein normalsichtiges Auge? Wie wir oben in der Einleitung gehört haben, ist man übereingekommen, ein solches Auge als normalsichtig zu erklären, welches beim Doppeltsehen (vorausgesetzt, dass beide Augen gleich sind, was nicht bei allen Menschen der Fall ist) das mikroskopische Bild auf eine weisse Papierfläche deutlich projicirt erblickt, welche 250 *mm*[1]) vom Auge entfernt ist. Diese Entfernung des deutlichen Sehens nennt man mittlere Sehweite und man sagt: Conventionell nennt man jenes Auge ein mittleres, welches 250 *mm* Sehweite hat und alle Vergrösserungstabellen werden auf diese Sehweite bezogen.[2]) Man weiss nun, dass sich die Vergrösserungen, in denen ein Weitsichtiger (V_1) und ein Kurzsichtiger (V) ein Object sieht, so verhalten, wie die Sehweiten der beiden Individuen: $V_1 : V = S_1 : S$; S_1 und S lassen sich aber bei jedem Beobachter mit dem Maassstabe messen, indem man die Distanz misst, in welcher jeder bei der oben angegebenen Zeichenmethode mittelst Doppeltsehens das Papier vom Auge haben muss, um die auf dem Papier ruhende Bleistiftspitze und die Contouren des vergrösserten Bildes gleich deutlich zu sehen. Diesen Umstand kann man nun dazu benützen, um mittelst des Nachzeichnens durch Doppeltsehen die wahre Vergrösserung seiner Linsencombinationen zu bestimmen, indem man V als wahre Vergrösserung annimmt und gleich x setzt; S wird, wie erwähnt, bei unseren Mikroskopen für die wahre Vergrösserung gleich 250 *mm* angenommen. V_1 findet man, indem man mit dem Cirkel das mittelst Doppeltsehens auf dem Papiere projicirte und etwa wenigstens in den Umrissen gezeichnete Bild entweder eines Objectmikrometers oder eines vorher für dieselbe mittlere Tubuslänge von 160 *mm* mit dem Ocularmikrometer gemessenen Gegenstandes abmisst, wo dann wie oben aus-

---

[1]) In England nimmt man 10 englische Zoll = 254 mm als normale Sehweite an.

[2]) Bei den Instrumenten aus englischen und amerikanischen Werkstätten wird die „wahre" Vergrösserung mit Zugrundelegung einer normalen Sehweite von 10 englischen Zoll = 254 mm angegeben.

einander gesetzt, $V_1 = \frac{A_1}{B}$; S_1 misst man direct mit dem Maassstabe; nun setzt man: $V_1 : V_x = S_1 : 250$ und hat $V_x = \frac{250\ V_1}{S_1}$ als wahre Vergrösserung, d. h. als Vergrösserung bei 160 *mm* Tubuslänge und 250 *mm* Sehweite, welche conventionell als wahre gilt.

Da die Messung der wahren Vergrösserung jeden Mikroskopbesitzer interessiren dürfte und sich auf dem vorgeschilderten Wege ohne weiteren Apparat als Mikrometer, Zoll- oder Centimeterstab, Papier und Bleistift, sowie einem Cirkel ausführen lässt, wollen wir hier ein Beispiel geben.

Wir schieben den Tubus auf die Länge von 160 *mm* zusammen, resp. falls er zusammengeschoben war, ziehen wir ihn so weit aus, dass dessen Länge genau 160 *mm* beträgt, und bringen nun z. B. Hartnack's System 7 und Ocular 2 an den Tubus. Wir legen nun ein Glasmikrometer auf den Objecttisch als Object hin und stellen scharf ein; nun legen wir ein Papier neben den Fuss des Mikroskopes und versehen unsere rechte Hand mit einem Bleistift. Wir blicken mit dem linken Auge in das Mikroskop, mit dem rechten auf das Papier, resp. die Bleistiftspitze und reguliren die Beleuchtung so lange durch Schirme vor dem Papier oder durch Blendungen am Mikroskope, bis wir das Bild des Mikrometers vergrössert und halbwegs deutlich auf dem Papiere sehen. Da merken wir, indem wir bald das Mikroskop bald das Papier durch Unterlagen erhöhen, dass wir etwas kurzsichtig sind, weil wir das Papier durch unterlegte Bücher unserem rechten Auge bis auf 204 *mm* Entfernung nähern müssen, um, ohne besonderer Anstrengung der Accomodation des Auges zu bedürfen, die Bleistiftspitze am Papier deutlich und gleichzeitig mit dem Bilde des als Object benützten Mikrometers wahrzunehmen. Nun zeichnet man den kleinsten Theil des Mikrometerbildes, z. B. 0·1 *mm*, auf dem Papiere nach, misst mit dem Cirkel und findet mit Hilfe eines Centimetermaassstabes, dass das vergrösserte Bild eines Zehntel Millimeters auf dem Papiere 18·1 *mm* lang erscheine; A_1 ist also hier = 18·1 *mm*, $B = 0{\cdot}1$, folglich $V_1 = 181$; da unsere Sehweite 204 *mm* gefunden wurde, so ergibt sich die Proportion $181 : 204 = V_x : 250$ oder V_x, d. i. die gesuchte wahre Vergrösserung für Hartnack's System 7 und Ocular 2 bei 160 *mm* Tubuslänge $= \frac{250 \times 181}{204} = 221{\cdot}81$ oder rund 222malige lineare Vergrösserung. — Hartnack giebt abweichend von der Convention die Vergrösserung bei 180 *mm* Tubuslänge an; suchen wir in seiner Tabelle die Vergrösserung für Objectiv 7 und Ocular 2, so finden wir für 180 *mm* Tubuslänge die Zahl 250; da sich nun die Vergrösserungen verhalten, wie die Tubuslängen, so setzen wir, um die Probe zu machen, ob unsere Berechnung richtig war, die Proportion an:

$$222 : 160 = 150 : 180$$

und finden

$$160 \times 250 = 40.000$$
$$\text{und } 180 \times 222 = 39.960$$

wir haben also blos um

$$40.000 - 39.960 = 40$$

gefehlt, gewiss ein kleiner Fehler, da er nur 1 per Mille, d. i. 0·1 % beträgt und übrigens auch darin seinen Grund haben kann, dass Hartnack in der Tabelle die unserem Ergebniss für 180 *mm* entsprechende Zahl, nämlich 249·375 auf 250 abrundete; doch sei dem wie dem wolle, es wird immer gut sein, mehrere solcher Messungen vorzunehmen und aus diesen dann das arithmetische Mittel zu ziehen, indem man die Messungsresultate addirt und durch die Zahl der Messungen dividirt. Die so gefundenen Zahlen benützt

O ist das Ocularrohr des horizontal umgelegten Mikroskopes; an demselben ist mit Diachylonpflaster oder Terpentinwachs[1]) das grosse und dünne Deckgläschen *d* befestigt; am Besten hält es, wenn man bei *k* das Klebmittel in Form eines walzenförmigen Klümpchens anbringt. Sieht nun das Auge des Beobachters in *B* durch das Deckgläschen, welches um 45° zur Horizontalen geneigt ist, auf das Papier *p*, so sieht es in *d* das Spiegelbild des mikroskopischen Objectes und durch das Deckglas das Papier *p*, ähnlich wie man im Fenster eines beleuchteten Eisenbahnwagens das Spiegelbild des Waggoninneren und gleichzeitig durch dasselbe die draussen befindlichen beleuchteten Objecte sieht.[2]) Dabei thut man gut, das Mikroskop auf Bücher u. dergl. zu stellen, um unter dem umgelegten Tubus in bequemer Sehweite zeichnen zu können; durch vorgestellte Bücher u. dergl. lässt sich dann auch die Beleuchtung des Zeichnen-

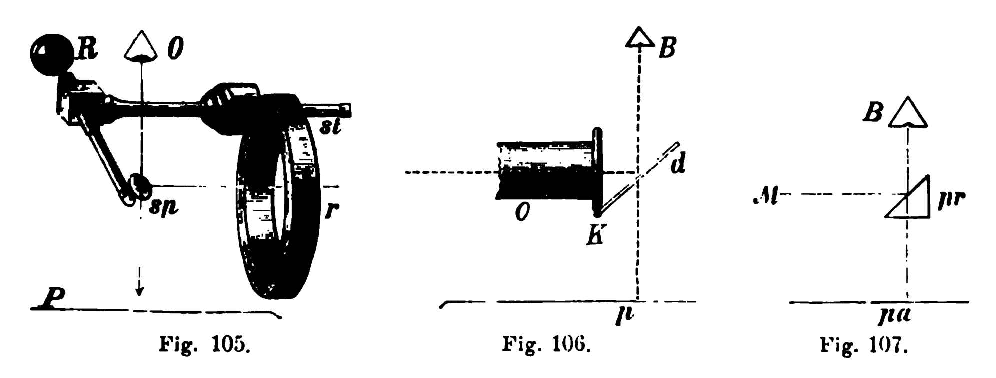


Fig. 105. Fig. 106. Fig. 107.

papieres reguliren. Dieser einfache, zuerst in etwas anderer Form von Prof. Vogel angegebene Zeichenbehelf übertrifft an Lichtstärke viele der kostspieligen Apparate und kostet fast gar nichts. An Stelle des Sömmering'schen Spiegelchens nahm Oberhäuser (Hartnack's Vorgänger) ein ganz kleines rechtwinkeliges Glasprisma (welches durch totale Reflexion ähnlich wirkt, wie unser vorhin als Zeichenapparat benutztes Deckgläschen) und welches in einem schwarzen Metallringe drehbar gefasst ist; um dabei auch bei nicht umgelegten, aufrechtstehenden Mikroskopen zeichnen zu können, combinirten Chevalier und Oberhäuser, das kleine Prisma mit einem knieförmigen Ocular, welches gestattet, aufrechtsitzend in's Mikroskop zu blicken, ohne dessen Oberkörper umlegen zu müssen. Fig. 107 zeigt das kleine Glasprisma in natürlicher Grösse und erläutert dessen Wirksamkeit: *B* ist das Auge des Beobachters, *pa* das Zeichenpapier, *pr* das kleine Prisma, welches die vom Mikroskope kommenden Strahlen in's Auge *B* reflectirt, welches über das Prisma hinweg das Papier *pa* und darauf das Bild des mikroskopischen Objectes projicirt erblickt. Fig. 108 zeigt uns die Oberhäuser'sche Combination dieses kleinen Prismas mit dem knieförmigen Ocular, welches mit der Röhre *t* an Stelle des gewöhnlichen Oculars in den Tubus eines aufrechtstehenden Mikroskopes gesteckt wird. *P* ist ein grosses rechtwinkeliges Glasprisma, an dessen Kathete das mikroskopische Bild, und zwar in horizontaler Richtung reflectirt wird. Würde das Auge des Beobachters sich in *p* an Stelle des in einen schwarzen Ring gefassten kleinen Prismas befinden, würde es das mikroskopische Bild im Prisma *P* in der Richtung *P*—*p* erblicken und zwar wie durch ein anderes Ocular, da die Ocularlinsen l und l_1 ebenso

---

[1]) Weisses Wachs mit Terpentinöl geknetet, ja sogar geknetetes, frisches Brod thun gute Dienste.

[2]) Auf demselben Principe beruhen die Geistererscheinungen, wie sie z. B. Kratky-Baschik und andere „Professoren der Magie" in Wien gezeigt haben.

wirken wie Collectiv- und eigentliches Ocularglas eines Huyghen'schen Oculares; wird aber das Prisma *p* vor den Apparat gebracht und blickt nun das Auge in *B* nicht horizontal, sondern vertical in der Richtung des Pfeiles auf das Prisma *p*, so sieht es in *p* das mikroskopische Bild und neben *p* durch die Oeffnung des obenerwähnten schwarzen Ringes das Zeichenpapier. Derartige Apparate werden Camera lucida genannt und so heisst auch der vorbeschriebene Apparat von Oberhäuser oder Chevalier. Hartnack hat denselben etwas modificirt unter dem Namen „Embryoskop" zum Nachzeichnen grösserer und schwach vergrösserter mikroskopischer Objecte, z. B. Embryonen, sehr geeignet gemacht.

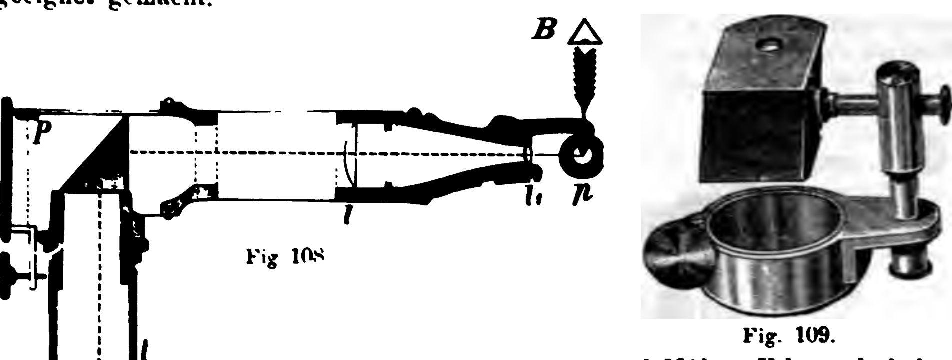


Fig 108

Fig. 109.

Gerling, Nachet, Doyère und Milne-Edwards haben auf ähnlichen Principien beruhende Camera lucidas für aufrechtstehende Mikroskope angegeben. Bei der letztgenannten sieht man nicht auf das Papier, sondern über ein ganz kleines Prisma in das Mikroskop und wird durch ein zweites grösseres Prisma das Bild des Papieres mit dem Zeichenstifte in das Mikroskop hineinprojicirt; doch hat dieser Apparat den Fehler, dass, um Verzeichnung zu verhüten, die Zeichenfläche um 22·5 Grad gegen den Horizont geneigt werden muss.

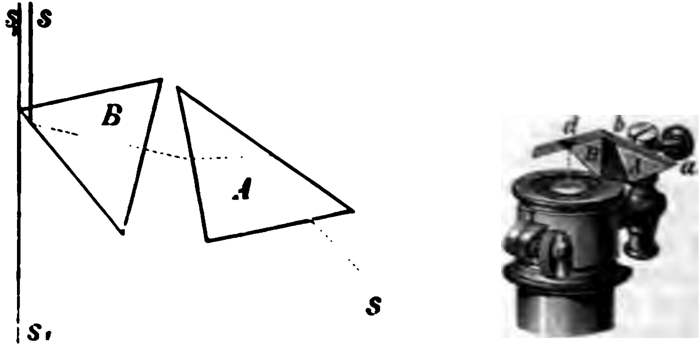


Fig 110 Fig. 111.

Zeiss, hat die in Fig. 109 in der von Ebeling in Wien adaptirten Form abgebildete Camera lucida erfunden, deren innere Einrichtung Fig. 110 zeigt. *A* ist ein rechtwinkeliges Prisma, welches durch totale Reflexion an seiner Hypotenusenfläche die von Zeichnenfläche und Stift kommenden Strahlen *S* nach dem Prisma *B* reflectirt; dieses Prisma *B* ist gleichseitig und gegen das erste Prisma unter einem Winkel von 27° geneigt und wirft mit seiner Vorderfläche die Strahlen *S* zum zweitenmale zurück, um sie dann parallel mit der [illegible] zu lenken.

Fig. 111 zeigt den Apparat im Durchschnitte und am Ocular angebracht. Die Camera wird an dem Knopfe *a* beim Gebrauch etwas geneigt und das

Prisma B so gerichtet, dass seine vordere, durch die Oeffnung der Camera d sichtbare Kante gerade die Austrittspupille des Mikroskopes halbirt und man das mikroskopische Bild wie das Bild von Zeichenfläche und Stift zugleich deutlich und scharf sieht. Diese Camera lässt bei voller Bildschärfe das ganze Sehfeld des Oculares übersehen, doch hat auch diese Camera die Unbequemlichkeit, dass die Zeichenfläche um 18–24° geneigt liegen muss.

Dr. Abbe, der theoretische Helfer Zeiss', hat auch dem abgeholfen, indem er seine von Zeiss, Reichert, Merker, Ebeling, Paul Wächter u. A. m. angefertigte und beziehbare Camera lucida erfand, welche ein Zeichnen auf fast horizontaler[1]) Fläche gestattet und sehr scharfe Bilder giebt. Ihre Einrichtung zeigt Fig. 111. p und p sind zwei rechtwinkelige Prismen, die mit ihren Hypothenusenflächen aufeinandergekittet sind (mit Canadabalsam); die Hypothenusenfläche des Prismas p ist überdies mit einer spiegelnden Silberschichte belegt, in welche ein ovales Loch o — das kleiner sein muss als die menschliche Pupille in mittlerer Contraction — eingekratzt ist. Bei d ist die Hülse,

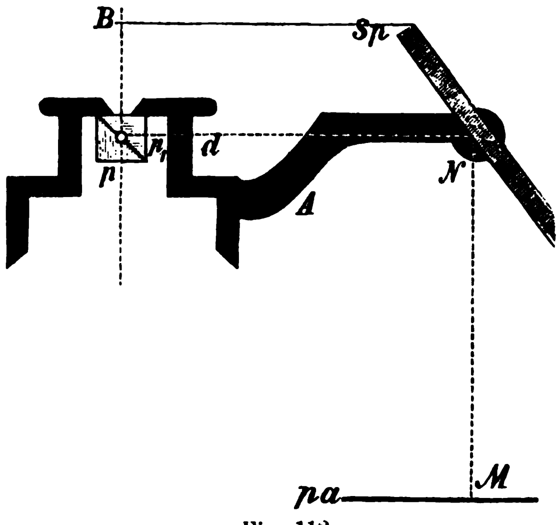


Fig. 112.

in der die zwei zusammengekitteten Prismen gefasst sind, ausgeschnitten. Unter dem Ausschnitt geht der Arm A aus, an dem ein gewöhnlicher, drehbarer Spiegel Sp angebracht ist. Ist pa die Zeichenfläche, so nimmt der Spiegel Sp deren Bild auf, wirft es, wenn er unter 45° geneigt ist, in horizontaler Richtung durch die Oeffnung d in die auf die Ocularlinse des aufrechtstehenden Mikroskopes aufgesetzte Hülse der Camera, so dass die Strahlen vom Bilde des Papieres MN von N nach o und von der spiegelnden versilberten Hypothenuse des Prismas p in das Auge des Beobachters B reflectirt werden; gleichzeitig sieht der Beobachter aber durch die in die Silberschicht eingekratzte pupillenartige Oeffnung o das Bild im Mikroskope. Es wird also auch hier das mikroskopische Bild nicht wie beim Sömmering'schen Spiegelchen auf's Zeichenpapier, sondern das Bild des Papieres in das

[1]) Bei dem älteren Zeiss'schen Zeichenapparat nach Dr. Abbe befand sich der Spiegel an einem nur 70 mm langen Arme (A in Fig. 112) also in einer ebensolchen Distanz von dem Prismenwürfel; um also ganz verzerrungsfreie Bilder zu erhalten, ohne die Ausdehnung beschränken zu müssen, war man auch hier genöthigt, eine schiefstehende oder erhöhte Zeichenfläche anzuwenden. Bei dem Abbe'schen Beleuchtungsapparate neuerer und neuester Construction ist die Distanz des Spiegels vom Prismenwürfel eine grössere (mehr als 10 cm) und kann man bei nicht gar zu übermässig grossen Zeichnungen die Zeichenfläche ganz horizontal stellen. Zeiss' Catalog 1898, S. 78 u. 79). Uebrigens gibt es sehr practische geneigte Zeichenbretter und Zeichentische, welche, wie jener von Bernhard, gestatten, die Zeichenfläche, welche durch ein Reissbrett repräsentirt wird, bis zu einer Höhe von 17 cm zu heben und bis zu einem Winkel von circa 35° gegen die Horizontale zu neigen und dabei das Mikroskop in zweckmässiger Lage festzuschrauben (Zeiss' Catalog 1898, S. 81). Uebrigens ist auch C. Reichert in Wien in der Lage, derlei Apparate zu liefern.

blos die Umrisslinien zu ziehen und das Bild mit Farben zu vollenden, als es mit allen Schattirungen blos graphisch wiederzugeben.

Solche colorirte Bilder mikroskopischer Präparate werden namentlich dort am Platze sein, wo es sich um Anlegung einer Sammlung von Bildern selbst unter dem Mikroskope gesehener frischer Objecte handelt und wo oft das gelungendste Dauerpräparat nach Jahren nicht mehr das zeigt, namentlich aber in Bezug auf Farben nicht, was an einem ganz frisch bereiteten sozusagen ex tempore-Object zu sehen war.

Zu Zeichnungen, die colorirt werden sollen, nimmt man nicht glattes, sondern feinkörniges, sogenanntes Aquarell-Malpapier, dessen Textur aber doch nicht zu starkkörnig sein soll, weil sonst die Contouren der Zeichnung undeutlich würden.

Hat man die Zeichnung mit recht feinen Umrisslinien verfertigt, so geht man an das Coloriren, was freilich nicht ein blosses Ausfüllen der Contourräume, sondern ein wirkliches Herausarbeiten der Farbentöne aus den Grundtönen des Bildes sein soll.

Die Farben müssen natürlich möglichst getreu nach dem Originale zusammengestellt werden.

Wir haben schon oben erwähnt, dass beim Gebrauche enger Blenden die Contouren eines im Mikroskope gesehenen Bildes mehr hervor-, die Farben mehr zurücktreten und dass namentlich bei Entfernung aller Blenden oder Verwendung eines mit grossen Blendöffnungen belegten Abbe'schen Beleuchtungs-Apparates die Farben sehr rein, die Contouren dagegen verwischt hervortreten. Dies können wir uns hier zu Nutze machen, indem wir die Contouren bei engerer Blendöffnung, die Farben bei weiterer oder mit dem Abbe'schen Beleuchtungs-Apparat aufnehmen. Wir erhalten so ein Bild, das einem allerdings nicht herstellbaren idealen Mikroskope, welches die Fähigkeit hätte, bei schärfster Contourirung auch die Färbung mit aller Reinheit wiederzugeben, entsprechen würde.

Da man im Mikroskope doch meistens Transparentbilder sieht, so müssen auch die Farben sehr leicht löslich, bindend und gleichmässig fliessend sein.

Diese Eigenschaften sollen in hohem Grade den „Ackermann'schen Farben" eigen sein, doch sind heutzutage die von den Farbenfabriken hergestellten sogen. „Honigfarben" durchwegs zum Coloriren mikroskopischer Bilder brauchbar.

Ebenso wichtig als Papier und Farben sind zum Malen taugliche Pinsel. Zum Malen mit Wasserfarben eignen sich die, wie wir sehen werden, auch zu anderen mikroskopischen Arbeiten benöthigten Pinsel aus Marderhaaren am Besten; doch geht es auch mit den in den meisten Fällen bei jedem Schreibmaterialienhändler erhältlichen gewöhnlichen Haarpinseln. Jedenfalls dürfen die Pinsel nicht die Tendenz zeigen, sich zu verzupfen und müssen, einmal mit Wasser befeuchtet eine feine Spitze annehmen und behalten. Man steckt die Pinsel an passende hölzerne Stiele, die feinsten wohl auch an einen Stachel vom [illegible] Stachelschwein an, um sie bequem handhaben zu können und fasst sie beim Gebrauche wie eine Schreibfeder, doch muss die Lage gegen das Papier eine mehr senkrechte sein. Nach jedesmaligem Gebrauche [illegible] die Pinsel [illegible] vor dem Malen stets in destillirtes Wasser zu tauchen [illegible] ausgewaschen werden.

[illegible] für jede Hauptfarbe, z. B. roth, blau, gelb etc., je einige [illegible] Dicke zu bestimmen. Man reicht mit fünf verschiedenen [illegible] aus. Die stärksten und stumpfesten Pinsel gebraucht man zum Verwaschen [illegible] verschiedener Farbentöne, die mitteldicken für die Anlage der [illegible] und die feinen für zartere Ausführungen.

Zur Contourirung, d. h. dem Nachziehen der mit dem Bleistift gezogenen Contouren benützt man die allerfeinsten κατ ἐξοχήν- „Haarpinsel" genannten Pinselchen, die auch dazu dienen, farbige Punkte damit zu machen, was gerade bei Wiedergabe farbiger Zellkerne in mikroskopischen Bildern häufig vorkommt. Zu den allerfeinsten Strichelchen, z. B. bei Wiedergabe von gefärbten Bacterien, bedient man sich am besten einer sogenannten Zeichenfeder auch Ausziehfeder genannt, die man in die etwas dünnflüssig und in grösserer Menge angeriebene Tuschfarbe eintaucht, oder mittelst eines stärkeren Pinsels mit der nöthigen Farbenmenge versieht. Zum Anreiben der Farben bedient man sich statt einer oder mehrerer „Tuschschalen" mit ebenso gutem Erfolge kleiner Porzellanteller. Das Abreiben geschieht am besten in Aqua destillata von 14° Celsius. Ist eine der gekauften Tusch- oder Honigfarben abgerieben worden, so vergesse man nicht, sie mit einem leinenen Läppchen leicht abzutupfen, da sie sonst beim Trocknen häufig Sprünge bekommt und in mehrere Bruchstücke zerfällt. Dass man durch geschickte Mischungen der Hauptfarben die verschiedensten Farbennuancen hervorbringen kann — ist bekannt.

Schon die blosse Verdünnung mit Wasser bewirkt eine Abtönung der Farben; ein tiefes Dunkelgrün lässt sich mittelst mehr weniger Wasserzusatz bis zum zartesten Frühjahrsgrün abtönen.

Der Zusatz schwarzer Tusche bewirkt meist eine graue Nuance, z. B. mit Grün, Graugrün, mit Blau, Graublau.

Weiss macht zu Farben zugesetzt dieselben heller und weniger transparent, mehr massig.

Dass Gelb mit Blau Grün ergiebt, ist wohl ebenso bekannt, wie dass Blau und Roth Violett, Blau und Carmin Lila zum Resultate haben.

Aus Carmin lässt sich durch Wasserzusatz das zarteste Rosa erzielen.

Als Hauptfarben sind zu nennen: Berlinerblau, Indigo, Gummigutt, Sienna, Sepia, Carmin, Ultramarin, sogenanntes „Vermillonroth" und Tusche.

Auch ist es gut, sogenannte Neutraltinte zu besitzen. Diese dient zum Untermalen der Schattirung mittelst einer unbestimmten Farbe. Dabei werden die Schatten mit dieser Neutraltinte aufgetragen, trocknen gelassen und dann die Farben über die mit Neutraltinte gemalten Schatten übermalt („aufgesetzt" lautet der terminus technicus).

Uebrigens kann man, namentlich für Honigfarben, zum Setzen der Schatten Sepia (eine braune Farbe) verwenden.

Viele Aquarellmaler verwenden zum Anreiben der Farben nicht destillirtes Wasser, sondern, insoferne sie sich nicht der Honigfarben bedienen, einer Gummilösung. Diese verleiht den Farben einen farbendruckähnlichen Glanz, macht aber die Malerei auch sehr haltbar und verhindert das Abspringen der Farben.

Ich entnehme ein Recept zu einem solchen Gummiwasser dem 17. Bändchen von A. & G. Ortleb's „Der emsige Naturforscher und Sammler", welches sich bestens bewährt hat und theile es im Nachstehenden mit:

„Man nimmt ein Gläschen mit engem Hals und giebt in dasselbe 3 Theile des besten englischen Gummis, 2 Theile Candiszucker und giesst darüber so viel reines Wasser, als man zur völligen Auflösung des Gummis und Candiszuckers für nöthig erachtet. Alsdann setzt man das Glas, nachdem es vorher fest verschlossen worden, der Wärme aus. Zuweilen schüttle man die Flüssigkeit gut durcheinander und ist die Lösung erfolgt, so filtrire man durch Leinwand oder Flanell in ein anderes Gläschen. Auf diese Weise bereitetes Gummiwasser kann man nun zum Gebrauche wohl verkorkt aufbewahren".

Ich würde der Ortleb'schen Angabe noch hinzufügen, dass es gut ist. dem Gummiwasser einige Tropfen Phenol hinzuzufügen, um es vor Mikroorganismen und der durch diese zu befürchtenden Zersetzung zu bewahren.

Dass man mit einem nicht gut ausgewaschenen Pinsel niemals in diese Gummilösung fahren darf, versteht sich von selbst, ebenso, dass man diese Lösung, wenn sie zu dickflüssig werden sollte, so lange mit lauwarmem Wasser verdünnen muss, bis sie im Pinsel leicht fliesst.

Mit den oben besprochenen Hilfsmitteln wird es also gelingen, die Form und Farbe mikroskopischer Präparate getreu wiederzugeben; dies ist aber. wenn man so sagen darf, in pädagogischer Beziehung für den Anfänger, namentlich für jenen, der die Waaren- und Nahrungsmittel-Untersuchung einmal praktisch ausüben will, wichtig, denn gerade so, wie sich ein denkender Mensch etwas, was er abgeschrieben hat, besser dem Gedächtnisse einprägt, so prägt sich das Bild des Gesehenen Demjenigen ein, der es abzeichnet und abmalt. Darüber spricht sich wohl am schönsten der Classiker der Mikrographie, P. Harting in Utrecht, in seinem weltberühmten, freilich jetzt einigermassen veralteten Werke: „Das Mikroskop. Gebrauch, Geschichte und gegenwärtiger Zustand desselben, Braunschweig 1859", wie folgt aus:

„Manchmal kann der Naturforscher die Anfertigung von Abbildungen allerdings Anderen überlassen und seine Zeit nützlicher auf andere Weise verwenden; aber er müsste doch wenigstens im Stande gewesen sein, die Abbildung selbst zu machen, wenn er deren Ausführung gehörig überwachen will.

Denn ist sie einem Zeichner von Profession anvertraut, so mag sie zwar in künstlerischer Beziehung ganz vortrefflich ausfallen und dadurch entspricht sie oftmals ihrem eigentlichem Zwecke, nämlich so viel wie möglich ein treues Bild des Wahrgenommenen zu geben, sehr mangelhaft.

Dazu kommt noch, dass es kein besseres Mittel giebt, sich zu einem guten Beobachter auszubilden, als wenn man sich daran gewöhnt, sobald Zeit und Gelegenheit sich dazu darbieten, während der Beobachtung selbst vom Beobachteten Abbildungen zu machen. Die Erfahrung wird Jeder machen, dass, wenn man dieses thut, die Aufmerksamkeit auf manche oftmals wichtige Einzelheiten hingelenkt wird, die derselben ausserdem würden entgangen sein".

Ich habe auch deshalb der Besprechung der Lehre vom Zeichnen und Malen mikroskopischer Gegenstände in dieser Arbeit, welche ein Leitfaden für Anfänger sein soll, eine grössere Aufmerksamkeit zugewendet, weil sich zu Uebungen im Abzeichnen und Abmalen sehr gut käuflich erhältliche Präparate eignen und weil diese Uebung, wie eben an der Hand des Ausspruches einer so grossen Capacität, wie Harting nachgewiesen wurde, eine wichtige Vorschule für die Auffassung und Festhaltung mikroskopischer Bilder überhaupt bildet.

Mikroskopische Hodegetik.

§ 69. Wir sollten nach dem Zeichnen und Malen die mikroskopische Photographie besprechen; da aber diese eine genaue Kenntniss der mikroskopischen Präparirkunde und aller anderen Hilfsmittel mikroskopischer Forschung voraussetzt, weil der photographische Apparat jeden Fehler des Präparates, resp. mikroskopischen Objectes vergrössert wiedergiebt, während der Zeichner solche Fehler einfach aus der Zeichnung weglässt, wird es diesem Leitfaden am angemessensten sein, die Lehre von der Photographie als Hilfs-

mittel mikroskopischer Forschung anhangsweise am Schlusse dieser Arbeit zu behandeln. Jetzt wollen wir zur Anfertigung mikroskopischer Präparate übergehen.

Wir werden dabei folgenden Weg einschlagen:

Dort, wo wir ihrer bedürfen, werden wir die Hilfsmittel zur Darstellung mikroskopischer Präparate besprechen; wir werden sie also nicht collectiv, sondern gelegentlich anführen. Dabei wollen wir vom Einfacheren, d. h. mit weniger Hilfsmitteln Herzustellenden, zum Schwierigeren übergehen.

Der rühmlichst bekannte Vorstand des pharmakologischen Institutes an der k. k. Universität Wien, Hofrath v. Vogel, hat nicht mit Unrecht es ausgesprochen, dass es unmöglich sei, aus dem Buche Mikroskopiren zu lernen; wie aber jede Regel ihre Ausnahme hat, so auch hier: Fleissige, geduldige Uebung an seinem eigenen Instrumente kann einigermassen den Lehrer ersetzen; nur darf weder oftmaliges Misslingen von einer Fortsetzung der Uebungen abschrecken, noch auch das Gefallen an etwa gelungenen Präparaten zierlicher Naturkörper ein Sichselbstgenügen bewirken, welches weitere Bemühung überflüssig erscheinen lässt und daher ein plötzliches Stehenbleiben in der mikroskopischen Ausbildung zur Folge hat.



Fig. 114 (siehe Seite 172).

Das beste Mikroskop ist in den Händen Desjenigen, der es nicht versteht, selbst Objecte zur Beobachtung unter dem Mikroskope vorzubereiten und der daher auf das Betrachten käuflicher Objecte angewiesen ist, ein lehrreiches Spielzeug, im günstigsten Falle ein Lehrmittel, nie und nimmer aber ein Werkzeug der wissenschaftlichen Forschung, schon gar nicht praktischer Erkenntniss, wie Harting so treffend sagt.

Die zur Selbstanfertigung von Präparaten unumgänglich nothwendigen Hilfsmittel sind im Allgemeinen im Verhältnisse zum Preise eines guten Mikroskopes und guter käuflicher Dauerpräparate nicht allzu kostspielig. Auch ist es sehr bequem, dass man dieselben an mehreren Stellen, wo chemische und pharmaceutische Utensilien zu haben sind, zu kaufen erhält, so in Wien bei Rudolf Siebert, IX. Garnisongasse 9, welchem das Verdienst gebührt, die österreichisch-ungarische wissenschaftliche Welt von dem deutschen Markte emancipirt zu haben, den früher W. P. Stender in Leipzig, in Bezug auf Glasgeräthe und Dr. Georg Grübler in Leipzig hinsichtlich der Farbstoffe und chemischen Präparate für Mikroskopie fast ausschliesslich beherrschten, ferner bei Rohrbeck's Nachfolger und Lenoir & Forster.

— — —

Mikroskopische Präparationsmethoden.

§ 70. Jeder mikroskopischen Untersuchung muss eine taugliche Vorbereitung des betreffenden Objectes vorangehen; dies leuchtet ja Jedermann, der mit dem Mikroskope zu arbeiten versucht hat, ein. Schon oben haben wir bei Uebung des Beleuchtens und Einstellens ein einfaches Beispiel einer mikroskopischen Präparation gegeben, als wir die mikroskopische Unterscheidung von Leinen-, Baumwoll- und Schafwollfasern u. dergl. besprachen. Eingehender müssen wir jetzt darauf zurückkommen.

Wir nahmen damals einen Objectträger und ein Deckgläschen; auf den Objectträger legten wir das mit zwei Nadeln zerzupfte Baumwollzeug, respective Leinen- und Schafwollzeug; nach Zusatz eines Tropfens Wassers oder Glycerin legten wir das Deckglas auf die Baumwoll-, respective Leinenfasern oder Schafwollhaare, und das improvisirte Präparat war fertig.

Das damals nur flüchtig behufs Exemplification einer einfachen mikroskopischen Untersuchung behandelte Thema müssen wir hier ausführlicher besprechen, und zwar insoferne als das gegebene Beispiel uns den Typus eines mikroskopischen Präparates darstellt. Wir haben bei demselben zu beachten:

1. Den Objectträger;
2. das zu präparirende Material (Leinen-, Baum- oder Schafwollzeug, welches ident ist mit dem zu untersuchenden Stoffe);
3. die Zerzupfung mittelst tauglicher Werkzeuge (Nadeln, die in Stiele gefasst sind), welcher die Abtrennung eines kleinen Stückchens von dem zu untersuchenden Stoffe vorausging (hier etwa Abschneiden eines Stückchens von der Grösse eines Stecknadelkopfes mittelst einer Stickscheere);
4. die „Einlegung“ des Präparates in eine geeignete Zusatzflüssigkeit (Wasser, respective Glycerin u. dergl.);
5. die Auflage des Deckgläschens.

Im Wesentlichen werden diese Gegenstände fast bei jedem Präparate wiederkehren, nämlich das Glasmaterial (Objectträger und Deckgläschen), das Präparirmaterial, das Präparirwerkzeug und die Zusatzflüssigkeit. Wir haben gesagt: fast, denn es gibt auch Präparate, die trocken und unzerkleinert besichtigt werden können, wie Schmetterlingsschuppen, Bakterien etc.

Wir wollen zunächst das Glasmaterial, insbesondere die Objectträger und Deckgläschen eingehender besprechen. Von Objectträgern hat man heute vier gebräuchliche Formate:

1. Das Wiener Format, 25 *mm* breit, 65 *mm* lang;
2. das englische Format, 26 *mm* breit, 76 *mm* lang;[1]
3. das Giessener oder Vereins-Format, 28 *mm* breit, 48 *mm* lang;[2]
4. das „grosse“ oder „Extra“-Format, 36 *mm* breit, 76 *mm* lang.

Das gebräuchlichste ist das „englische“ Format; die Mehrzahl der käuflichen Präparate sind in diesem Formate angelegt. Da sich jedoch die verhältnissmässig langen und schmalen Objectträger dieses Formates auf dem Objecttische kleiner und mittlerer Mikroskope nicht ganz im Kreise herumdrehen lassen, was namentlich bei Auflösung schwieriger Probeobjecte oder

[1] Die berühmteste Gesellschaft für Mikroskopie „Microscopical Society“ in London setzte 3 engl. Zoll Länge, 1 engl. Zoll Breite fest was ungefähr den Dimensionen, welche wir angeführt haben, entspricht.

[2] Früher hatte der Giessener Tauschverein für Austausch mikroskopischer Präparate ein Format von 28 *mm* Länge und 37 *mm* Breite im Gebrauch, welches natürlich viel zu klein war, um damit bequem arbeiten zu können.

bei der später zu besprechenden Untersuchung unter dem Polarisationsapparate von Vortheil sein kann,[1]) hat der Tauschverein für mikroskopische Präparate zu Giessen unter seinen Mitgliedern das kurze und breite Giessener oder Vereins-Format eingeführt, welches den Objectträger auch auf kleineren Tischen leicht umzudrehen gestattet und genügend Raum für das Präparat bietet, dagegen aber sich mit den meisten am Objecttische angebrachten Federklammern oder mit den Fingern nicht leicht in jeder Lage bequem festhalten lässt, auch wenig Raum für Etiquetten gewährt und deshalb nur noch für mineralogische Präparate in Oesterreich gebräuchlich ist und auch in Deutschland viele Anhänger verloren hat, namentlich weil der berühmte Diatomeen-Präparator Möller in Wedel das englische Format beibehielt und der erste französische Präparator Bourgogne in Paris seine Präparate seit vielen Jahren ebenfalls in diesem Formate fertigt und man sich nicht gern Präparaten-Etuis eigens für jedes Format machen lassen will.

Die Wiener medicinischen Institute wählten einen Mittelweg, indem sie so viel vom englischen Objectträger abschnitten, dass er sich bequem auch auf kleineren Tischen drehen lässt, aber dabei noch genügenden Raum für das Festhalten mit den Klammern oder mit den Fingern und für das Aufkleben der Etiquetten bietet, doch hat dieses Wiener Format das englische aus seiner herrschenden Position nicht zu verdrängen vermocht. Das „grosse“ oder „Extra“-Format, 36 *mm* breit und 76 *mm* lang, dient hauptsächlich für embryologische Präparate, also Objecte, die eine Uebersicht über grössere Theile von Organen und ihren inneren Zusammenhang gewähren sollen.[2]) Ausser diesen vier in der wissenschaftlichen Welt üblichen Formaten kommt noch ein früher von Bourgogne in Paris verwendetes kleines französisches Format circa 17 *mm* breit und 58 *mm* lang im Handel vor; es wird hauptsächlich für die sogenannten Schul- oder Taschenmikroskope benützt und ist für kleinere Objecte recht brauchbar, in naturwissenschaftlichen Fachkreisen aber eben wegen seiner auf kleinere Objecte beschränkten Verwendbarkeit nicht üblich.

Es ist schliesslich Geschmacksache, ob man dem einen oder dem anderen der erwähnten Formate den Vorzug gibt; für unsere Zwecke scheint das englische Format trotz seiner oben erwähnten Mängel am tauglichsten zu sein, schon weil es das verbreitetste ist nnd weil die Fälle, in denen ein Präparat auf dem Objecttische rund um und um gedreht werden muss, exceptionelle sind oder aber ohnedies durch Stative mit drehbarem Tische, wie wir ja solche kennen gelernt haben, bewältigt werden müssen. Diese Stative gestatten aber fast ausnahmslos auch die Umdrehung mit aufliegendem Objectträger englischen Formates. (Vergl. § 38 d. B. am Anfang.)

Was das Material der Objectträger anbelangt, so sind solche aus weissem belgischen oder hellgrünem böhmischen Solinglase die gebräuchlichsten; die früher sehr geschätzten echt englischen aus Crownglas, die des Zolles halber nicht wohlfeil sind, haben der continentalen Waare schon deshalb weichen müssen, weil dieselben nicht so rein im Glase sind wie die festländischen Gläser. Die Dicke soll behufs bequemer Anwendung der Cylinderblenden und des Abbe'schen Beleuchtungsapparates 1—1·5 *mm* nicht übersteigen; im äussersten Falle kann man aber noch mit solchen von 2 *mm* Dicke arbeiten, besonders wenn das Glas sehr rein ist.

Ob man Objectträger mit geschliffenen Kanten benützt, hängt hauptsächlich von dem Gelde ab, das man daran wenden will; man erhält sie

[1]) Falls man nicht über einen drehbaren Objecttisch verfügt.

[2]) Für Schnitte durch ein ganzes Gehirn, wie solche auch von Praktikern bei der pathologischen Untersuchung der Leichen Irrsinniger angefertigt zu werden pflegen, bedarf man noch grösserer Objectträger.

nämlich um die Hälfte, wenn man sich mit schön geschnittenen[1]) Kanten begnügt. Vor dem Ausschusse aus den geschliffenen Objectträgern, der ebenso theuer ist wie ganz reine, geschnittene Waare, möchten wir warnen; überhaupt soll man hier nicht allzusehr sparen.

Ich möchte hier noch auf einen, in der „Zeitschrift für Mikroskopie", Jahrg. 1878, Heft 7. von Arnold Münster erwähnten Umstand hinweisen, dass nämlich selbst bei sehr guter Waare sich selten ein Objectträger finden wird, der nicht gewisse Punkte aufwiese, welche absolut nicht durch Putzen entfernt werden können. Diese Punkte erscheinen auf der einen Seite des Objectträgers als Vertiefungen, auf der anderen als Erhöhungen. Nach Münster ist nun jene Seite zum Auflegen des Objectes zu benützen, welche die Punkte als Erhöhungen aufweist, da dann diese nicht störend durch das Präparat hindurchschimmern. Diese Seite mit den erhöhten Punkten ist daher die bessere des Objectträgers, welcher also, so wie jedes Ding, seine zwei Seiten hat. Und nun, nach Besprechung der Objectträger, gehen wir zu den Deckgläschen über.

Die Deckgläschen sind in ihrer Wirkungsweise schon oben, bei Besprechung des optischen Theiles erwähnt worden; es wurde deren Einfluss auf den Gang der Strahlen aus dem Objecte zum Objective besprochen, es wurde der Correctionssysteme Erwähnung gethan, welche den störenden Einfluss verschieden dicker Deckgläschen ausgleichen u. s. w. Hier haben wir hervorzuheben, dass das Deckgläschen einen wesentlichen Bestandtheil jedes mikroskopischen Präparates bildet.

Die Deckgläschen dienen nicht nur zum Schutze des Objectes, sondern sie helfen auch durch ihren, wenn auch sehr leichten, Druck die unebene Oberfläche der Objecte abflachen und in eine Einstellungsebene bringen. Oft kann allerdings bei sehr zarten Objecten dieser Druck störend werden, dann verwendet man ganz dünne Blättchen von Glimmer (Marienglas), welche man sich aus reinen, käuflichen Stücken unter Wasser mit einem Messer abspalten kann, falls man es nicht vorzieht, die Objecte auf eine der von uns noch zu besprechenden Methoden vor Druck zu schützen. Die Risse in dem weichen Glimmer stören freilich mitunter die Beobachtung.

Man fertigt heutzutage die Deckgläser aus dünnem, blasenfreiem Crownglase in Massen und in jeder Grösse und Form an, so dass heutzutage wohl selten ein Mikroskopiker in die Lage kommen wird, sich Deckgläschen nach Harting's Vorgange selbst zuschneiden zu müssen; auch aus Glimmer erhält man sie käuflich.

Was die Form anbelangt, so gibt es quadratische und runde, länglich viereckige und ovale. Die beiden letzteren Formen werden wir nur selten zu gebrauchen in die Lage kommen. Von den ersteren Formen verwende ich die quadratischen zu ex tempore vorgenommenen Untersuchungen, bei denen es sich nicht darum handelt, das Präparat für die Dauer als Dauerpräparat aufzubewahren, weil sie billiger und sicherer an einer ihrer Ecken anzufassen und zu handhaben sind, als die runden. Diese letzteren sind etwas theuerer, doch verwende ich sie nach Bachmann's Vorgange deshalb ausschliesslich zu Dauerpräparaten, weil sich letztere — wie wir weiter unten sehen werden — mittelst des sogenannten Drehtisches unter Benützung runder Deckgläschen weit sicherer und eleganter verschliessen lassen, als die mit quadratischen versehenen, welche die Anwendung des Drehtisches nicht zulassen.

[1] Man kann sich die geschnittenen selbst an den Rändern abschleifen, wenn man sie auf einer ebenen Gusseisenplatte (z. B. Herdplatte) mit feinem Schmirgel und Wasser an den Kanten abreibt. Etwa entstandene Eisenflecke entfernt man leicht mit salzsaurem Spiritus (Spiritus 75° „ — 1 Acid. hydrochlor. von 1·19 spec. Gew.). Objectträger mit nicht abgeschliffenen Kanten ruiniren die Abwischtücher.

Früher waren in der wissenschaftlichen Welt allerdings fast ausschliesslich quadratische Deckgläser im Gebrauche, so dass Dippel in seinem berühmten Werke: „Das Mikroskop und seine Anwendung", I. Theil (Braunschweig 1872), diese und die rechteckigen allein erwähnt und von den runden Deckgläsern nicht eine Silbe spricht. Die berühmteste Firma für Objectträger und Deckgläser, sowie überhaupt für Glaswaaren zu mikroskopischen Untersuchungen ist Wilh. P. Stender in Leipzig. In Wien erhält man bei Rudolf Siebert, Glasermeister Tichy und auch bei fast allen anderen Händlern chemischer und pharmaceutischer Bedarfsartikel Objectträger und Deckgläser in verschiedenen Grössen. Letztere werden in drei Stärke- (Dicken-) Grenzen in Vorrath gehalten. Die dicksten in einer zwischen 0·21—0·30 *mm* schwankenden Stärke werden mit *A* bezeichnet, die mittleren in einer Stärke von 0·16 bis 0·20 *mm* mit *B* und endlich die dünnsten in einer Stärke von blos 0·12—0·15 *mm* mit *C*; Siebert hält noch eine sehr dünne Sorte *D* von 0·07—0·10 *mm* Stärke am Lager.

Dabei ist zu bemerken, dass die Sorte *A* die wohlfeilste und am wenigsten gebrechliche ist, sich jedoch nur für Präparate eignet, die mit schwächeren Systemen betrachtet werden können; um nun für alle Systeme innerhalb der Correctionsgrenzen verwendbare Deckgläschen zu haben, empfiehlt sich die Sorte *B* von 0·16—0·20 *mm*; man wird bei den Systemen unserer hervorragendsten continentalen Mikroskop-Erzeuger völlig damit auskommen, umsomehr als die früher noch gebräuchlichen allerstärksten Wasserimmersionssysteme — „$^1/_{20}$—$^1/_{50}$" Brennweite — heutzutage dank den auch nicht theuereren und leistungsfähigeren homogenen Immersionen fast ausser Gebrauch gekommen sind, die homogenen Immersionen aber — aus oben dargestellten Gründen — gegen variable Deckglasdicken nicht nur überhaupt nicht empfindlich sind, sondern auch stärkere Deckgläschen vertragen, da ihr Focalabstand ein relativ grösserer ist als jener der Wasserimmersionen gleicher Leistungsfähigkeit.

Um aber unter den Deckgläschen der Sorte *B* von 0·16—0·20 *mm* dennoch die dünnsten für die subtileren Präparate aussuchen und — was aus, bei Besprechung des Einflusses der Deckgläschen und der sogenannten Correctionssysteme, in dieser Arbeit oben erwähnten Gründen zweckmässig erscheinen muss — die Dicke eines bei einem Dauerpräparate verwendeten Deckgläschens sicher bestimmen und an der Präparaten-Etiquette vormerken zu können, erscheint es vortheilhaft, einen Apparat zu haben, mit dem die Messung der Dicke eines Deckgläschens schnell durchführbar ist. Man hatte früher solche nach Art der Schieblehren, neuerer Zeit hat man solche nach Art der Schraubenlehren für Blechstärkemessungen und kostet ein solcher Apparat, der im Principe mit dem Focimeter (siehe oben) übereinstimmt, bei Reichert, Merker oder Ebeling, Wien, circa 12 *K*.

Auch das in Fig. 115 abgebildete, in Uhrenfournitürengeschäften erhältliche sogenannte Zehntelmass[1]) lässt sich recht gut zu Deckglasdickenmessungen verwenden. Dasselbe kostet kaum mehr als 3 *K* und kann auch zu Messungen der Dicke von Objectträgern, welche nie mehr als 2 *mm* Dicke haben dürfen, soll anders der Beleuchtungsapparat des Mikroskops auf die Sichtbarkeit des Objectes im erwünschten Masse wirksam werden, dienen. Um die Dicke von Glasplatten damit zu bestimmen, bringt man das zu messende Glas



Fig. 115.

[1]) Auch Mikrometerzirkel genannt.

runden möchte ich namentlich Anfängern nicht anrathen; man ist bei kleineren Deckgläsern in der Grösse des Präparates und namentlich bei Dauerpräparaten in der Breite und Höhe des weiter unten zu besprechenden Lackringes und in der Menge einer etwa erforderlichen sogenannten Zusatzflüssigkeit beschränkt, und ich kann Dippel nicht zustimmen, wenn er glaubt, dass der luftdichte Verschluss der Präparate bei kleineren Deckgläsern leichter gelinge als bei grösseren, eben weil man keinen so starken Lackrand anbringen kann. Sagt doch Dippel selbst eine Zeile weiter: „Für stärkere Objectivsysteme mit breitem Rand und kurzem Focalabstand haben dieselben (die kleineren Deckgläser) den Nachtheil, dass man, namentlich wenn das Präparat nicht ganz in der Mitte liegt, auf den Wall von Lack oder Firniss aufstösst und oft das Objectiv nicht in dem erforderlichem Masse dem Gegenstande zu nähern vermag, so dass sich für zartere, stärkere Vergrösserungen verlangende Präparate unter allen Umständen die erstgenannte Grösse des Deckgläschens (15—18 *mm*) empfehlen dürfte.“ Also keine zu kleinen Deckgläschen!

Damit aber der Anfänger, für den hauptsächlich dieser Leitfaden bestimmt ist, sich über die gangbaren Grössen der Deckgläschen orientiren könne, führe ich dieselben so an, wie sie bei Rudolf Siebert in Wien zu haben sind.

Diese Grössen sind für quadratische Deckgläschen 12, 15, 18, 20 und 22 *mm* Seite und für runde Gläschen 10, 12, 15, 18, 20 und 22 *mm* Durchmesser.

Die seltener gebrauchten, ungleichseitigen, viereckigen Deckgläschen sind zu haben in nachstehenden Dimensionen: 12×16, 18×25, 18×39, 21×26, 24×30, 26×34, 30×40, 35×45, 40×50 und 45×65 *mm*, wobei die erste Zahl vor dem × die Breite, die zweite die Länge des Deckgläschens bezeichnet.

Grössere Deckgläser als diese oder ovale Deckgläser können von Herrn Rudolf Siebert auf Bestellung geliefert werden.

Alle diese Grössen sind in den drei Dickensorten, die wir oben erwähnt haben und welche mit *A*, *B*, *C* bezeichnet sind, zu beziehen; die Grössen 18×25, 18×39, 21×26 sind auch in der Sorte *D* zu haben; sie kommen in Schachteln per 50 Stück in den Handel, die Preise verstehen sich aber per 100 Stück. Die von Siebert und anderen Wiener Firmen bezogenen Deckgläser, welche nicht geschliffen sind, fand ich reiner als einige englische Deckglassorten, die geschliffen und deshalb theuer waren, aber dabei vom Schleifen herrührende Risse nicht gar so selten und mitunter auch eine von den Schleifmaterialien herrührende Trübung (in deutschen Schleifereien unrichtigerweise „Hüttenrauch“ genannt) zeigten, die sich nicht durch Putzen beseitigen liess; durch Einlegen in salzsauren Spiritus (3 Spiritus 75%, 1 Salzsäure) konnte ich jedoch diese Flecken leicht beseitigen.

Aber auch unsere continentalen Deckgläschen kommen oft staubig und schmutzig in den Handel und man thut gut, sie vor dem Gebrauche vorsichtig in destillirtes Wasser, dem man etwas mit Salzsäure angesäuerten Spiritus zugesetzt hat, zu thun und für den Gebrauch jedesmal das nöthige Deckgläschen mit einer Pincette herauszuholen und es durch Abtrocknen von der anhaftenden Nässe und dabei von Unreinigkeiten zu befreien. Zum Abtrocknen muss man ein recht weiches, ausgewaschenes und zur Vermeidung von Fransen und Leinenstäubchen gesäumtes, lückenloses Leinenläppchen nehmen. Man fasst dabei das Leinenläppchen zwischen Daumen und Zeigefinger der einen Hand, bringt das noch feuchte Deckgläschen mit der Pincette, die in der anderen Hand gehalten wird, zwischen diese beiden Finger und reibt nun das Deckgläschen zwischen den Fingern leicht ab, bis es glänzt. Trocken geworden, soll das Deckgläschen nicht mehr stark gerieben werden, da es sonst in Folge der Entwicklung von Elektricität nur zu leicht kleine Leinenstäubchen anzieht und festhält, welche dann mit einem Pinsel unter Anblasen mit dem Munde entfernt werden müssen.

Bei grösserer Uebung gelingt es übrigens, die Deckgläser rasch zu trocknen, indem man einen reinen, trockenen, zur Verhinderung des Ausfransens gesäumten Leinenlappen (aus weicher, oft gewaschener feiner Leinwand) so in die Hand nimmt, dass Daumen und Zeigefinger der rechten Hand von dem Lappen bedeckt sind, und nun mit der linken Hand aus der Glasdose die nassen Deckgläser aus dem Spiritus heraushebt, in einer Schale oder Tasse destillirten Wassers abschwemmt und der, wie vorerwähnt, mit dem Leinenlappen versehenen rechten Hand in den Zwischenraum zwischen dem Daumen und Zeigefinger zureicht, welche sie in derselben Art, wie man Geld zählt, trocken reibt. Wie erwähnt, erfordert diese Manipulation eine grössere Uebung. Wo diese jedoch fehlt, kann man sich zum Trockenreiben auch eines Putzklotzes bedienen, wie ihn Fig. 117 zeigt. *A* ist ein schwerer, runder Holzklotz aus Buchsbaumholz, bei *r* mit Rehleder überzogen. Dazu gehört ein Deckel *B*, der an der unteren Fläche auch mit Rehleder belegt ist. Die zu putzenden, oberflächlich getrockneten Deckgläser werden zwischen *A* und *B* gelegt und nach Aufdrücken von *B* auf *A* unter drehender mühlsteinartiger, gleichmässiger Bewegung des Deckels *B* auf dem Klotze *A* geputzt. Uebrigens wird selbst der Anfänger bald in der Lage sein, seine Deckgläser rasch und ohne viel Bruch zu bekommen, zu putzen, wenn er sich fleissig übt und in Bezug auf Reinlichkeit strenge ist. Auch beachte er, dass man das gereinigte Deckglas stets auf eine schwarze Unterlage bringe, da es dann spiegelt und leichter zu finden ist; sonst kann man oft lange ein bereit gelegtes Deckgläschen suchen, ohne es zu finden, obwohl es vor der Nase liegt.

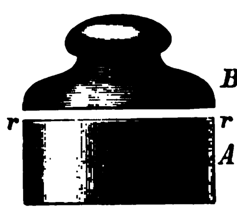


Fig. 117.

Um das gereinigte Deckgläschen leicht fassen und auf das Präparat bringen zu können, thut man gut, es in der in Fig. 118 dargestellten Weise auf ein schwarzlackirtes Cigarrenkistenbrettchen zu legen.

B ist das schwarzlackirte, auf dem Tische *T* ruhende Cigarrenkistenbrettchen, *D* das auf dieses derart gelegte Deckgläschen, dass die Kante *K* über den Rand des Brettchens frei hervorragt und somit mit einer Pincette leicht und sicher, ohne in Gefahr zu kommen, zerdrückt oder am Rande ausgesprengt zu werden, angefasst und auf das Präparat gedeckt werden kann.

Man kann auch in einen Holzklotz mit einer Laubsäge Schlitze schneiden und in diese die Deckgläser der Reihe nach einstecken, sobald sie gereinigt sind. Sie müssen dann entweder durch Ueberdecken mit einem Glassturze oder durch Einlegen in eine staubdichte Schachtel sammt dem Holzklotze, in dessen Schlitz sie stecken, vor Staub geschützt werden. Siebert hält solche Schachteln mit geschlitzten Holzklötzchen für Deckgläser von 18 *mm* bis 20 *mm* im Quadrat meist am Lager, doch fand ich die Schlitze etwas zu breit, so dass die Deckgläschen darin wackelten.

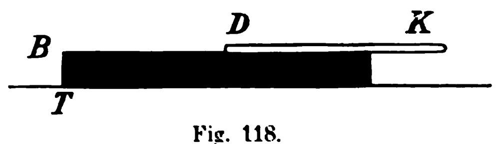


Fig. 118.

Man kann sich übrigens aus sogenanntem Pantoffelholz, in welches man mit einem scharfen Messer die Schlitze für die Deckgläser schneidet, leicht einen solchen „Deckglasständer“ selbst anfertigen und ihn dann unter einen, bei jedem Glashändler käuflichen Glassturz bringen. Schliesslich sei bemerkt, dass die Deckgläser ihrer Zartheit und Gebrechlichkeit wegen manche Schwierigkeiten für den Anfänger mikroskopischer Arbeiten bereiten, und sie mussten deshalb in diesem Leitfaden ausführlichere Behandlung erfahren, als etwa in einem für Vorgeschrittenere bestimmten systematischen Lehrbuche. Folgen doch noch viele Anfänger dem wohlfeilen Rathe mancher

älterer Mikroskopiker, statt der dünnen Deckgläschen lieber bei Untersuchungen mit schwachen Systemen zwei Objectträger zu verwenden, zwischen welche das Object zu liegen kommt. Wenn ich auch dieses Verfahren für manche Fleischuntersuchungen auf Finnen und Trichinen recht passend finde, kann es im Allgemeinen nicht empfohlen werden, schon deshalb nicht, weil fast jedes Präparat geeignet sein soll, nicht nur mit schwachen, sondern auch mit starken Systemen betrachtet zu werden. Bachmann hat Recht, wenn er sagt: „Bequemlichkeit ist keine Eigenschaft, an die sich der Mikroskopiker gewöhnen soll."

Aber selbst für eine gewisse Bequemlichkeit, insoferne diese gleichbedeutend ist mit einer gewissen Sicherheit im Arbeiten, sorgt die moderne mikroskopische Technik, wie wir ja schon oben, im § 43 dieses Buches zu sehen Gelegenheit hatten, und so finden wir denn bei Rudolf Siebert eine sehr genial construirte Deckgläschenzange aus Neusilber, zum bequemen Fassen und Halten der Deckgläschen in horizontaler Richtung und Einstecken der Stahlspitze in den Arbeitstisch, wobei das Deckgläschen mit derjenigen Seite, auf welcher man, wie wir später hören werden, ein Präparat, z. B. Tuberkelspeichel, fixirt hat, nach unten gekehrt und gegen das Verstauben geschützt ist; die Pincette ist vorläufig für viereckige Deckgläschen, die meist zu Extempore-Präparaten, wie solche bei mikroskopischen Untersuchungen zu diagnostischen Zwecken angefertigt werden, üblich sind, eingerichtet, könnte aber auch leicht für runde hergestellt werden. Wir bilden diese Deckgläschenzange, welche für Manipulationen aller Art mit den auf dem Deckgläschen befindlichen Präparaten schon den grossen Vortheil bietet, dass man, was sonst bei dem dünnen Deckglase nicht leicht zu sehen ist, stets weiss, auf welcher Seite des Deckglases sich das Präparat befindet, in Fig. 119 ab.


Fig. 119.

Zum Herausheben der Deckgläschen aus den oben beschriebenen Deckglasständern und auch sonst zu manchen Manipulationen ist die in Fig. 120 abgebildete Deckglaszange mit flachen Branchen sehr brauchbar.

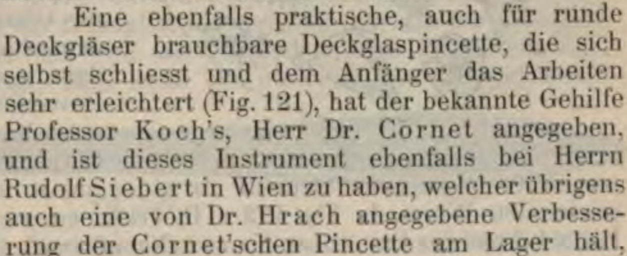

Fig. 120.


Fig. 121.

Eine ebenfalls praktische, auch für runde Deckgläser brauchbare Deckglaspincette, die sich selbst schliesst und dem Anfänger das Arbeiten sehr erleichtert (Fig. 121), hat der bekannte Gehilfe Professor Koch's, Herr Dr. Cornet angegeben, und ist dieses Instrument ebenfalls bei Herrn Rudolf Siebert in Wien zu haben, welcher übrigens auch eine von Dr. Hrach angegebene Verbesserung der Cornet'schen Pincette am Lager hält, die ich selbst benütze und sehr verwendbar gefunden habe. Die rechte Seite dient dazu, die Deckgläschen von einer Unterlage, z. B. dem Tische oder aus einer Schale etc., mit Hilfe der eigenthümlich gebogenen, sehr dünnen Branchen aufzufassen, die rechte Seite wirkt als Cornet'sche Pincette, schliesst sich also beim Drucke auf die Branchen nicht, sondern öffnet sich, während sie beim Nachlassen des Druckes das zwischen die flachen Branchen gebrachte Deckglas festhält und es zu erwärmen etc. gestattet. Gewiss kann man sich zur Manipulation mit Deckgläsern auch einer ärztlichen Schieberpincette bedienen, wie solche die Handlungen chirurgischer Instrumente zur Verwendung bei Operationen führen; dieselben sind aber in der Regel theuerer als die angeführten, eigens zu mikroskopischen Arbeiten bestimmten Pincetten. Für den geübten Mikroskopiker genügt übrigens jede Pincette zum Anfassen

und Manipuliren mit Deckgläsern; auch die sogenannten „Kornzangen" der Uhrmacher, wie solche in den sogenannten „Uhrenfourniturengeschäften" der grösseren Städte zu billigen Preisen zu haben sind, sind hiezu recht geeignet, wenn man durch Uebung gelernt hat, den Druck der Finger der Zartheit und Gebrechlichkeit des Objectes anzupassen.

§ 71. Wir haben nunmehr Objectträger und Deckgläser und die zum Anfassen der letzteren ersonnenen Instrumente behandelt. Wir kommen nun auf das zu präparirende Material zu sprechen. Hier ist zu bemerken, dass es Körper gibt, die an sich schon klein genug sind, um unter dem Mikroskope im Ganzen betrachtet zu werden, und welche daher einer Zerkleinerung nicht bedürfen; hieher gehören pulverförmige Stoffe, wie z. B. Blüthenstaub (Pollenkörner), Schmetterlingsschuppen, feine Salzniederschläge u. dergl., ferner Haare, Kieselpanzer von Diatomeen und anderen Organismen etc. etc.; dieselben sind dann auch meistens in trockenem Zustand durchscheinend genug, um unter dem Mikroskope sogar trocken, d. h. ohne Zusatzflüssigkeit betrachtet werden zu können. Doch gewinnen die meisten derselben an Durchsichtigkeit und somit auch unter Umständen an feiner Detaillirung des Bildes, wenn sie in Einbettungsflüssigkeiten von einem von dem ihrigen verschiedenen, am besten höheren, Brechungsexponenten gelegt und so betrachtet werden. Davon werden wir weiter unten eingehender sprechen. Jetzt müssen wir hervorheben, dass das zu präparirende Material, respective die zu untersuchenden Stoffe oft schon aus in Flüssigkeiten suspendirten Körperchen bestehen, so z. B. die Pollenkörner im Honig.

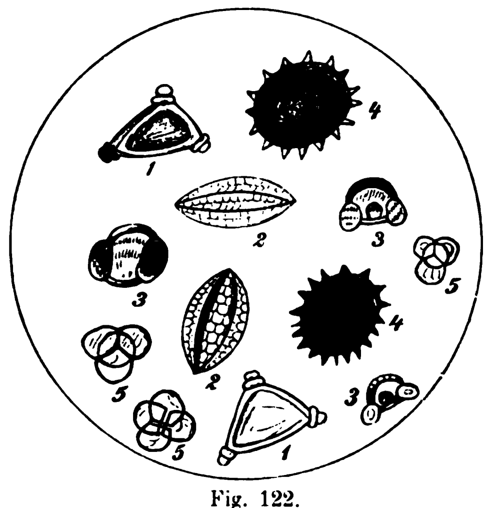


Fig. 122.

Von solchen Flüssigkeiten bringt man ohne weitere Vorbereitung mit einem dünnen Glasstäbchen ein Tröpfchen auf den Objectträger und bedeckt mit einem Deckgläschen, indem man letzteres behufs Ausbreitung des Tröpfchens mit der trockenen Seite des Glasstäbchens sehr sachte gegen den Objectträger drückt. Man erhält dann von frischem Honig deutscher Provenienz etwa ein Bild, wie Fig. 122 zeigt. Man erkennt also bei so kleinen Körperchen deren Zusammensetzung, respective organische Structur in einer meist für unsere Erkenntniss ausreichenden Weise. In Fig. 122 z. B. erkennen wir nach Dr. Hager sub 1 die Pollenkörner der Oenothera biennis (Nachtkerze), sub 2 des Narcissus jonquilla (Jonquille), sub 3 der von Pinus, sub 4 des Hibiscus Trionum (Stundeneibisch), sub 5 des Haidekrautes (Calluna oder Erica vulgaris), deren zusammengesetzte Pollen namentlich im Haidehonig sehr zahlreich vorkommen und ihn als solchen charakterisiren.

Aber die meisten Objecte, welche dem Mikroskopiker vorliegen, bedürfen zu ihrer Erforschung einer mitunter recht complicirten Behandlung, sei es, dass dieselben an sich zu gross und zu wenig durchsichtig sind, sei es, dass sie zu durchsichtig sind und dann weniger durchsichtig gemacht werden müssen, damit die Structur derselben besser hervortritt. Wir haben uns hier jetzt zunächst mit dem ersteren Falle zu befassen, dass die zu untersuchenden Stoffe wegen ihrer Grösse zu wenig durchsichtig sind. Man könnte sie allerdings im auffallenden

Lichte beobachten, dies gewährt aber nur in wenigen Fällen wirklichen Nutzen, meist weniger als die Betrachtung mit einer guten Lupe. Wir haben oben in unserem Beispiel (§ 70) sub Punkt 2 als zu präparirendes Material Leinen-, Baumwoll- oder Schafwollzeug genommen und sub 3 die Zerzupfung mittelst tauglicher Werkzeuge, in diesem Falle Nadeln, die im Stiele gefasst sind, angeführt, und in der That: die Zerzupfung eines an sich undurchsichtigen und zu grossen Körpers mittelst zweier Nadeln ist eine der ältesten und noch heute in vielen Fällen praktisch angewendeten Vorbereitungsmethoden, um zur Erkenntniss der Structurelemente von Körpern zu gelangen, sie muss aber mit Geduld geübt und darf mit dem Zerzupfen nicht zu früh aufgehört werden!

Die dazu tauglichen Werkzeuge sind Präparirnadeln, wovon die beste und handlichste Form zum Zerzupfen in Fig. 123 dargestellt ist und einen



Fig. 123.

eckigen Griff hat; dass die Spitze fein sein muss, versteht sich von selbst. Man benützt meist zwei Nadeln und hält in jeder Hand eine. Man kann sich ähnliche Instrumente leicht selbst anfertigen, wenn man mittelstarke englische Nähnadeln mit der Oehrseite in einen Handschraubstock (Feilkloben) einspannt und nun in einen nicht zu dicken Federstiel parallel und centrisch zur Längsachse einbohrt; man zieht dann die Nadel heraus, klemmt nun die Spitzenseite vorsichtig in den Feilkloben und steckt in die mit der Spitze vorgebohrte Oeffnung die Nadel mit dem Oehr hinein, bis sie im Stiele festsitzt. Die Spitze soll nicht über $^2/_3$ der Nadellänge aus dem Stiele hervorsehen.

Auch solche einfache Instrumentchen erhält man bisweilen unter dem leicht zu Verwechslungen führenden Namen „Insectennadeln“ in der in Fig. 124



Fig. 124.

abgebildeten Form und Grösse in Lehrmittelhandlungen fertig zu kaufen. Dort, wo es sich nicht so sehr um das Zerzupfen als vielmehr um das Zurechtlegen der Objecte handelt, bedient man sich mit Vortheil solcher Präparirnadeln, wie Fig. 125 eine solche zeigt. Man kann bei dieser Form die Stahlnadel



Fig. 125.

aus dem Stiele herausnehmen und durch eine andere ersetzen, wie die Mine eines Schreibcrayons.

Auch letztere selbst oder Häkelnadeln mit Schraubvorrichtung, in welche ja auch Nadeln verschiedener Stärke und Form eingesetzt werden können, leisten gute Dienste, wenn man sehr dicke Stahlnadeln gebrauchen will. Dünne halten natürlich in Crayon- oder Häkelnadelgriffen nicht. Von Nadeln anderer Form, z. B. Lancettform, werden wir später sprechen. Die gewöhnlichen, runden Nadeln werden derart gebraucht, dass man die eine als Gabel benützt und das zu zerzupfende Stückchen hält, während man mit der anderen kleine Stückchen und immer kleinere abreisst.

Also das Zerzupfen eines auf geeignete Weise, z. B. durch Abschneiden mit einer Nähscheere vom Ganzen abgetrennten Stückchens auf dem Objectträger unter Zusatz etwa eines Tropfens destillirten Wassers oder noch besser

einer Mischung aus 70 Glycerin. 15 Alkohol, 15 Aqu. dest. und darau folgendes Bedecken mit dem Deckgläschen kann schon recht nette Präparat ergeben: zur Uebung empfehlen wir für den Anfänger einfache Kleiderstoff z. B. Alpacca, Seide, Jute u. dergl.. als Untersuchungsobjecte. dann aber d mikroskopische Analyse von gemischten Stoffen. z. B. Halbseide (Seide un Baumwolle), Halbechtwolle (Baumwolle und Schafwolle) u. s. w. Mischt ma die obige Zusatzflüssigkeit ex tempore, so ist sie von zahlreichen Luftbläsche durchsetzt, deren Anblick den Anfänger als etwas Ungewohntes in Erstaune setzen könnte: wir bildeten selbe oben bereits schematisch ab. In Fig. 12

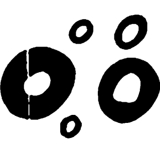

Fig. 126.


Fig. 127.


Fig 128.

zeigen wir sie so, wie sie im Glycerin am häufigsten unter dem Mikroskop zu erscheinen pflegen: sie zeigen, da sie vom Deckglase gedrückt oder durc die Capillarattraction zwischen Deckglas und Objectträger in ihrer Obe flächenspannung beeinträchtigt sind, nicht eine regelmässige, sondern eine ve zerrte Gestalt.

Da sie jedenfalls störende Beimengungen des Präparates darstellen, s muss man sie womöglich zu vermeiden suchen. Man bereitet sich desha die obige Flüssigkeit (70 Th. Glycerin, 15 Th. 90%iger Alkohol, rectifici und 15 Th. Wasser) nicht ex tempore, sondern hält sie in einem klein Tropfglase vorräthig. Da das Glycerin etwas dickflüssig ist, so ist es gu wenn das Tropfglas einen trichterförmigen Hals hat, in welchem die übe schüssige, vom Tropfstift abträufelnde Flüssigkeit aufgefangen wird. Fig. 1: zeigt ein solches Stifttropffläschchen für Glycerinmischungen, welches b Rudolf Siebert mit 35 *gr* Inhalt blos 40 *h* kostet. Hebt man den sti förmigen Stoppel heraus, so hängt sich, nachdem man ihn abtropfen gelasse ein Tröpfchen Glycerin an die Spitze des Stiftes, und dieses Tröpfchen set man nach Bedarf dem auf dem Objectträger liegenden, erst zu zerzupfend oder schon zerzupften Objecte zu. Sehr praktisch haben sich für den g dachten Zweck die Arzneitropfgläser nach Schuster — wie Fig. 128 e solches zeigt — bewährt: auch diese sind bei Rudolf Siebert, und zwar sowo weiss als blau und braun für 40 bis 50 *h* zu haben. Sie sind nicht ga so dicht verschlossen, wie die sub Fig. 126 abgebildete Form, aber sehr b quem zu gebrauchen, indem man sie mit dem Schnabel gegen die zu b netzende Stelle neigt. Auch die Lambert'schen Tropfgläser, welche jeder Apotheke zu haben sind, lassen sich verwenden.

Andere Methoden, um grössere Körper unserer mikroskopischen K ... näher zu bringen, sind jene, bei welchen von den grösseren Körpe ... sehr scharfen, hiezu geeigneten Messer feine Schnitte gemac ... Die Schnitte müssen so fein, respective dünn sein, dass sie durc ... wenn man sie mit einer geeigneten Zusatzflüssigkeit befeuch ... bringt. Es gibt sehr verschiedene Schnittmethode ... sogenannten Skalpellen, mit Doppelmessern, mit Ras ... Schneidemaschinen (sogenannten Mikrotomen) u ... man schneidet ferner die Präparate in ihr ... getrocknetem, aufgeweichtem, gehärtet ... an sich sind zu mannigfach, um sie ... können: wo es nöthig sein wi

werden aber auch wir die wichtigsten dieser Methoden anwenden lernen. Die wenigsten Objecte lassen sich übrigens in ihrem natürlichen Zustande in feine Schnitte zerlegen.

Indem wir von einem Körper solche Schnitte machen, theilen wir denselben gewissermassen in eine Anzahl von Ebenen, freilich nicht mathematische Ebenen, da die Schnitte ja eine gewisse Dicke haben.

Denken wir uns einen Wurzelzweig einer Pflanze, so können wir die Schnitte entweder senkrecht auf dessen Axe führen und dabei dünne Scheibchen von demselben abschneiden, oder das schneidende Werkzeug kann parallel mit der Axe geführt werden, oder endlich kann es in irgend einem Winkel zu der Axe des Wurzelzweiges gerichtet sein. In jedem dieser drei Hauptfälle der Schnittrichtung werden wir die Structur des Wurzelzweiges in einer anderen Dimension kennen lernen. Durch geistige Combination werden wir schliesslich auf diese Art dazu gelangen, uns ein ideelles Bild der wirklichen Gesammtstructur des untersuchten Objectes zu bilden, und werden umgekehrt auch in der Lage sein, die Formelemente des Objectes, wo wir ihnen begegnen, sofort als solche wieder zu erkennen.

Für diesen letzteren Zweck lässt sich in vielen Fällen die Schnittmethode durch die Zupfmethode ersetzen, aber durchaus nicht in allen; z. B. wird man nach der Zupfmethode kaum einen richtigen Begriff von den den Nadelhölzern eigenthümlichen sogenannten Tüpfelzellen bekommen; bei feinen Durchschnitten — und wären sie blos von einem Zündhölzchen mit einem sehr scharfen Federmesser abgenommen — zeigt uns jeder Schnitt diese charakteristischen Tüpfel im richtigen Zusammenhang mit der sonstigen Structur des Holzes.

Zertheilt man einen Körper in möglichst viele Schnitte, ja womöglich so, dass keiner entfällt, und legt diese Schnitte hintereinander auf einen Glasstreifen in derselben Reihenfolge auf, wie sie im Objecte lagen, so hat man eine sogenannte Schnittserie hergestellt, und die Schnitte heisst man Serienschnitte. Diese Serienschnitte geben dann das natürlichste Bild der Gesammtstructur des geschnittenen Körpers und finden heutzutage in der normalen, sowie in der pathologischen Histologie ausgedehnte Anwendung.

Uebrigens wird man meist mit einigen gut gelungenen, eventuell verschiedenen Theilen des Objectes entnommenen Schnitten das Auslangen finden, aber wie gesagt, die Schnitte müssen eben gelungen sein, das heisst es muss an ihnen Alles zu sehen sein, was für ihre Structur charakteristisch ist. Die Methode, Schnitte herzustellen, wollen wir im Folgenden besprechen.

Die Schnittmethoden.

I. Allgemeines.

§ 72. Es ist selbstverständlich, dass man, ehe man an die Ausführung einer Manipulation gehen kann, zuerst die Werkzeuge kennen lernen muss, mittelst welcher es möglich ist, die betreffende Manipulation leicht, sicher und in tadelloser Weise durchführen zu können.

Zum Anfertigen von Durchschnitten durch nicht zu harte Körper kann man sich des sogenannten Scalpells bedienen, welches annähernd die Form eines halbirten Weidenblattes haben soll, etwa wie die Fig. 129 zeigt.



Fig. 129.

Doch finden solche Scalpelle, ebenso wie Lancetten u. dergl., mehr zum anatomischen Zerlegen von Pflanzen und Thieren, als zur Herstellung brauchbarer Durchschnitte bei der mikroskopischen Präparation Anwendung.

Das wichtigste und unentbehrlichste Werkzeug zur Herstellung feiner Durchschnitte ist und bleibt vielmehr das Rasirmesser, beziehungsweise eine rasirmesserähnliche, zum mikroskopischen Gebrauch eigens hergestellte Messerklinge; minder wichtig sind die Doppelmesser;[1]) dort, wo viele und möglichst gleichmässige Schnittpräparate gewonnen werden sollen, bedient man sich mit Vortheil eigener Schneidmaschinen, der sogenannten **Mikrotome.**

Früher verstand man darunter überhaupt alle Vorrichtungen zum Schneiden von für mikroskopische Beobachtung bestimmten Objecten, also auch allerlei Scheeren, welche man heutzutage durch feine anatomische Scheeren (krumme und gerade), ja sogar durch Stickscheeren mit Vortheil überflüssig oder doch entbehrlich macht, so z. B. das Fig. 131 abgebildete sogenannte Mikrotom von Strauss-Dürckheim, dessen Gebrauch sich schon aus der Abbildung ergibt.

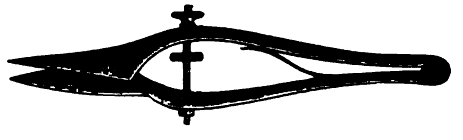


Fig. 131.

Die eigentlichen Mikrotome, noch vor 30 Jahren vielfach als etwas ganz Ueberflüssiges, ja Unzweckmässiges bekämpft, sind heute unentbehrliche Hilfsapparate vielbeschäftigter Mikroskopiker geworden und fehlen namentlich in keinem wissenschaftlichen Institute, welches weitgehendere mikroskopische Untersuchungen vorzunehmen hat. Aus dem Gesagten ergibt sich, dass wir —

[1]) Es sind zwei miteinander verbundene Messer, welche einander parallel gestellt werden können. Bei dem Valentin'schen lancettförmigen Doppelmesser, Fig. 130 *A* (*a* von der Fläche, *b* von der Kante der Messer aus gesehen), geschieht die Stellung der Messer mittelst des in einem Schlitze verschiebbaren Knopfes *k*; bei dem mehr messerartigen Harting'schen Doppelmesser (Fig. 130 *B*) geschieht die Annäherung mittelst der Schraube s—s_1, ähnlich wie bei den Branchen einer Reissfeder. Dippel selbst erzählt, dass er bis jetzt bei der Präparation vegetabilischer Objecte keinen Gebrauch von diesen Instrumenten machen konnte, und sie dienen wirklich ebenso wie die ähnliche Doppellancette und der Doppelmeisel heutzutage mehr als Luxusartikel, wie als wirkliche Behelfe; nichtsdestoweniger wollen wir den Gebrauch damit erläutern, dass wir Harting's Worte citiren. Wir können dabei nicht umhin zu bemerken, dass die Doppelmesser bei Untersuchung von Nahrungsmitteln unter Umständen ganz gut zur momentanen Herstellung dünner Schnitte aus frischen, weichen Geweben gebraucht werden können, und erhält man aus solchen Geweben grosse, gleichmässige Schnitte ohne viel Vorbereitung, gleichsam ex tempore. Dass dabei das zu untersuchende Object, z. B. eine egelverdächtige Thierleber, „in unschöner Weise zerhackt" wird, hat bei der Lebensmitteluntersuchung nicht viel zur Sache. Harting schreibt über das Doppelmesser folgende classische Worte: „Am besten wäre es aber, wenn man ein Mittel hätte — aus ganz frischen Geweben hinlänglich dünne Schnitte anzufertigen. Dazu sind die Doppelmesser von Gerber und Valentin bestimmt, welche weiter oben beschrieben wurden, zugleich mit den von mir (Harting) angebrachten Veränderungen. Zuverlässig ist das Doppelmesser in manchen Fällen ein sehr brauchbares Instrument: nur darf man nicht glauben, dass es überall und immer anwendbar ist. Sind die Theile sehr weich, wie das Gehirn und Rückenmark, so hat es mir (Harting) niemals gelingen wollen damit Schnitte zu bekommen, die, ohne dass zugleich Compression angewendet wurde, vollkommen durchsichtig ge-

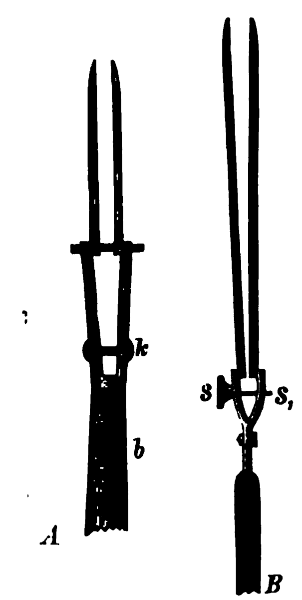


Fig. 130.

obgleich für die Zwecke einer für viele Untersuchungen genügende Orientirung ein geschickt geführtes, gutes Rasirmesser ausreichen dürfte — doch in diesem Leitfaden auch die Mikrotome behandeln müssen. Was die Rasirmesser anbelangt, so begegnet man in den verschiedenen Lehrbüchern über Mikroskopie den verschiedensten Ansichten sowohl über deren Beschaffenheit, als über deren Instandhaltung. Während der eine Autor leichte, schmale englische Rasirmesser empfiehlt, verlangt der andere dagegen breite, lange Messer, und zwar mit feststehendem Griffe. Während der eine Autor davor warnt, die Rasirmesser auf Oelsteinen mit Oel zu schleifen und auf Lederriemen abzuziehen, sondern nur Wassersteine empfiehlt und zum Abziehen ein breites, mit feinem weichen Leder überzogenes Brett als einzig taugliches Mittel bezeichnet, befiehlt der andere, das Rasirmesser mit Oel zu schleifen und auf einem spannbarem Riemen von festem Leder abzuziehen. Ja, Manche empfehlen gar zum Schärfen der Messer eine mit geschlemmtem Trippelpulver überzogene Glasplatte und Abziehen mit Diamantstaub, wie z. B. der classische Harting. Wir sind durch vielfache eigene Versuche und Versuche von Freunden zu der Ueberzeugung gekommen, dass eine geschickte, geübte Hand mit jedem wirklich gut geschliffenen Rasirmesser von tauglich vorbereiteten Objecten gute Schnitte erhalten kann, empfehlen aber dem Anfänger. sich mindestens drei Stück Rasirmesser von folgender Beschaffenheit anzuschaffen:

Eines mit einem Querschnitt, wie Fig. 132*a* zeigt, aus bestem englischen Stahl und eventuell mit feststellbarer Klinge: es ist bei Rudolf Siebert zum Preise von *K* 4 bis *K* 8 zu haben, und habe ich mich von der Trefflichkeit

---

wesen wären. Bei ziemlich festen, zumal faserigen Organen, wie etwa des Uterus, ist es aber ganz am Platze." Wir hören also, dass Harting ohne gleichzeitige Compression von weichen Geweben keine befriedigenden Resultate erhielt; für härtere Gewebe besitzen wir aber im Rasirmesser ein besseres Hilfsmittel, weshalb die Anwendung des Doppelmessers nur unter Zuhilfenahme einer passenden Compression — etwa durch Aufdrücken des Deckglases oder Anwendung eines der später zu beschreibenden Compressorien — heutzutage gerade nur zu Proben aus weichen Geweben empfohlen wird. Schiefferdecker liess von Walb in Heidelberg ein Doppelmesser aus zwei Rasirmesserklingen verfertigen, die ein Keil, welcher durch eine Schraube im Griffe bewegt wird und dem eine starke Feder entgegenwirkt, einander je nach der gewünschten Dicke der Schnitte zu nähern und zu entfernen gestattet: dieses Doppelmesser soll sich besonders für sehr weiche Objecte aus der thierischen Histologie eignen. Dr. Frey beschreibt ein verbessertes Doppelmesser aus englischen Messerschmiedwerkstätten, wir übergehen aber dasselbe, da es unseren Lesern kaum zugänglich sein dürfte. Man hat auch neuerer Zeit Doppelmesser mit einer Feder zwischen den zwei Klingen. Das scheint nicht gut zu sein, und Dr. Friedländer in Berlin äussert sich hierüber: „Die meisten Instrumentenmacher machen die Feder zwischen den zwei Branchen des Doppelmessers zu stark; oft habe ich es vortheilhaft gefunden, diese Feder ganz zu entfernen." Wir haben oben gesehen, dass das in Fig. 130 *B* abgebildete Harting'sche Doppelmesser gar keine besondere Feder hat, dass man also auch keine zu entfernen braucht. Harting scheint uns also in Sachen des Doppelmessers, sowie in vielen anderen Angelegenheiten des Mikroskopikers eine Autorität zu sein, von der man auch heutzutage noch viel lernen kann. Ueber den Gebrauch selbst schreibt Harting: „Die gehörige Benützung des Doppelmessers erfordert besondere Rücksichten. Sind die beiden Klingen mittelst der Schraube (Fig. 130 *B* s—s_1) in die Stellung gebracht worden, welche man für die passendste erachtet, so taucht man dieselben in Wasser, so dass ihre Innenfläche ganz nass wird. Man fängt mit dem hintersten, der Hand zugekehrten Theile des Doppelmessers zu schneiden an, weil hier (Fig. 130 *B*, *c*) das Interstitium der beiden Klingen am kleinsten ist, und zieht das Messer mit einem Schnitte unter sanftem Drucke gegen sich; denn wollte man beim Schneiden hin- und herfahren, so würde der bereits zwischen beide Messer gefasste Theil dadurch zerrissen werden. Durch Lockern der Schraube. entfernt man hierauf beide Klingen von einander, und den an der einen Klinge haftenden Schnitt spült man mit etwas Wasser ab." So Harting über die Benützung des Doppelmessers. Schliesslich bemerken wir noch, dass bei Instrumentenmachern für Chirurgie, wie z. B. bei Franz Marconi in Wien, das sogenannte scalpellförmige Heschl'sche Doppelmesser (mit Feder) zum Preise von *K* 8.— zu haben ist. In Deutschland führen die meisten Handlungen für den mikroskopischen Bedarf Doppelmesser.

des Stahles durch Sachverständige überzeugt. Dieses Messer dient zum Durchschneiden zarter, grosszelliger, pflanzlicher Gewebe, namentlich aber auch für die meisten thierischen Objecte. Ein zweites, mit einem Querschnitt, wie Fig. 132 *b* zeigt, dient für weiche, frische Wurzeln, Stengel u. dergl., ein drittes (Fig. 132 *c*) für harte, getrocknete Wurzeln, Hölzer und die in der thierischen Histologie vorkommenden Knorpelschnitte, für die in der Lebensmitteluntersuchung nothwendig werdenden Durchschnitte durch Samenschalen und für die weiter unten zu besprechenden gefrorenen Objecte.

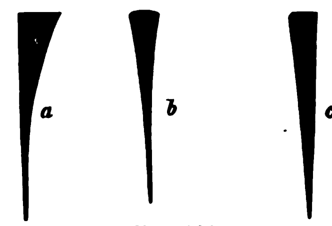


Fig. 132.

Man kann sich die zwei letzteren Rasirmesserformen leicht von jedem besseren Messerschleifer oder Instrumentenmacher anfertigen lassen; man kann namentlich die Sorte *c* leicht durch ähnlich geformte, von Barbieren zurückgelegte und deshalb billig zu habende Messer ersetzen. Da die Sorte *c* zu den Schnitten durch verhältnissmässig harte Materialien gehört, so leidet sie am meisten, und es ist gut, diese in mehreren Exemplaren vorräthig zu halten, um immer scharfe Messer zur Disposition zu haben. Für grössere Schnittflächen reichen übrigens die Rasirmesser nicht aus, und man erhält hiezu eigens gefertigte Klingen, die für Anwendung beim Schneiden harter Objecte einen sehr dicken Rücken haben müssen, damit sie sich nicht ausbiegen.

Was die Instandhaltung der Messer betrifft, so schleift man die stumpfgewordene Klinge zuerst auf einem möglichst grossen blauen Wassersteine scharf, indem man das Messer stets ganz flach hält, so dass Rücken und Schneide gleichzeitig den Stein berühren, und es (nach Dippel) mit der Schneide voran und unter stetem Wechseln der Seiten auf dem Steine hin- und herzieht. Dann zieht man das Messer ebenso, aber unter sehr mässigem Druck, auf einem sogenannten Oelsteine womöglich unter Anwendung sogenannten Knochenöles ab, bis unter der Lupe die Schneide keine Scharte zeigt. Hierauf gibt man den Messern auf folgende Art eine Politur und die höchst erreichbare Schärfe:

Man nagelt über ein Brett von mindestens 30*cm* Länge und 10*cm* Breite einen Fleck aus dickem Flanell derart auf, dass die Spannägel auf den schmalsten Seiten des Brettes eingeschlagen werden und dass der Flanellstoff möglichst glatt gespannt ist: über den Flanell kommt dann auf dieselbe Art ein Stück Rehleder mit der Haarseite nach oben aufgenagelt.

Die Haarseite ist jene Seite des Leders, von welcher bei der Zubereitung des Leders die Haare entfernt worden sind.

Man macht sich am besten gleich zwei solche „Abziehbretter". Das eine wird mit einer Paste aus feingeschlemmtem Englischroth ($Fe_2 O_3$) und Stearinöl eingerieben, das andere mit feinstem Trippelpulver, welches mit Vaselin angerieben ist.

Vom Laboratorium des Dr. Grübler & Co. in Leipzig, Bayerische Strasse 63, welches sich speciell mit der Herstellung von Utensilien und Reagentien für Mikroskopie befasst, ist der Zimmer'sche Streichriemen zu beziehen. Dieser hat vier Abziehseiten, die mit verschieden feinem Abziehmaterial versehen sind. Die Seiten 1 und 2 werden nur zum Ausschleifen etwa entstandener Scharten verwendet; Seite 3 zum Anschleifen ganz stumpfer Messer; die Lederseite 4 dagegen ist die Abziehseite, auf welcher fast nach jedem Schnitte die feine Schneide des Messers restituirt werden soll. Die oben beschriebenen zwei Abziehbretter in Verbindung mit dem Oelsteine ersetzen uns den Zimmer'schen Streichriemen vollständig.

Man zieht nach dem Schleifen am Oelstein das Messer zuerst auf dem mit Englischroth und dann auf dem mit feinstem Trippelpulver überzogenen

Streichbrette ab und erzielt damit eine feine Politur und vorzügliche Schneide. Die käuflichen spannbaren oder an der Wand u. dergl. zu befestigenden Streichriemen verwirft der berühmte Harting mit Recht deshalb, weil sie beim Abziehen dem Messer keine ebene, sondern eine gekrümmte Fläche darbieten und daher eine sphärisch convexe Klingenschneide erzeugen, welche durchaus verwerflich ist. Schliesslich versäume man niemals, die Rasirmesserklinge nach dem Abziehen mit Spiritus abzuwaschen, um alles Fett und alle Schleifmaterialienreste von der Klinge fernzuhalten, oder doch den „Grat" durch Hindurchziehen der Messerschneide durch ein Stück reines Hollundermark zu beseitigen.

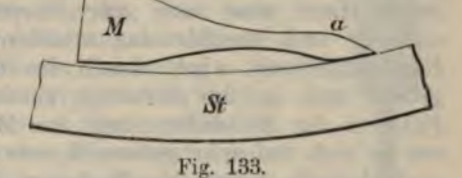


Fig. 133.

Mit der gegebenen Anleitung ist natürlich nicht gesagt, dass man mit dem Schleifen auf dem Wassersteine allein nicht auch gute Resultate erzielen kann — bei mir hat sich die oben angeführte Methode bewährt und deshalb empfehle ich selbe.

Die Schleifsteine erhält man in jeder Steinhandlung (auf dem Lande in Werkzeughandlungen) und sind für das gröbere Abschleifen die sogenannten Arkansas- oder Mississippisteine, für das feinere die französischen Wasser- und Oelsteine empfehlenswerth.

Zu bemerken ist noch, dass man Streichriemenpasta (Packet, rothe und schwarze Pasta enthaltend) bei Siebert zum Preise von 56 *h* erhält und dass diese Pasta allen Anforderungen entspricht; dagegen kann ich den bei Siebert erhältlichen spannbaren Streichriemen leider durchaus nicht empfehlen, da die Schneide auf ihm wohl scharf, aber zugleich auch convexkeilförmig wird, wodurch der Vortheil einer dünnen, hohlgeschliffenen Klinge illusorisch gemacht wird.


Fig. 134.

Aeusserst instructiv ist dieser Uebelstand der käuflichen Streichriemen im Leitfaden der botanischen Mikroskopie von Wilhelm Behrens (Braunschweig, Harald Bruhn, 1890) dargestellt und durch treffliche Abbildungen veranschaulicht.

Dieser Darstellung ist Fig. 133 entnommen. *M* ist das Messer und *St* der biegsame Streichriemen. Beim Darüberziehen wird sich das Messer entsprechend dem Bogen, den das Streichleder bildet, abschleifen, und das Messer erhält dementsprechend eine Schneide *a*, deren Seiten keine geraden Linien, sondern Convexitäten bilden. Auf einer Seite abgeflachte Messer, besonders solche, welche im Querschnitte ein rechtwinkeliges oder fast rechtwinkeliges Dreieck darstellen (Fig. 133 *a*), lassen sich auch auf ebenen, nicht dem Druck nachgebenden Schleifflächen nur sehr schwer schleifen; es wetzt sich nur die Fläche, und die Schneide will nicht scharf werden. W. Walb und R. Jung, beide Mechaniker in Heidelberg, fertigen eine Abziehvorrichtung für derlei Messer, die aus einem geschlitzten Stahlrohr besteht, in welches das Messer eingeschoben und mittelst einer Schraube fixirt wird. Fig. 134 zeigt den Apparat ohne Messer. Fig. 135 zeigt in *R* das geschlitzte Rohr, in welches das Messer *M* eingeschoben und mittelst der Schraube *S* fixirt ist. *St* ist der Streichriemen. Die

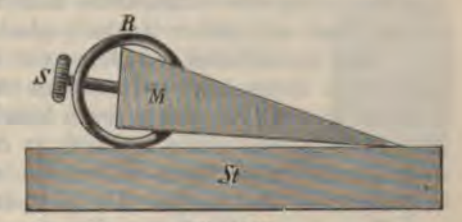


Fig. 135.

Anwendung des kleinen Apparates, welcher von Gebrüder **Fromme**, Mechaniker und Optiker in Wien, IX., Universitätsstrasse 12, von C. **Reichert** in Wien u. A. je nach Grösse (für Rasirmesser genügt die kleinste Nummer) um den Preis von K 1.60 bis 5.— zu beziehen ist, ergibt sich aus unserer Abbildung von selbst; es wird an der vorderen Kante ein Keil aus zwei Facetten hergestellt. Die grösseren Nummern dienen zum Abziehen der flachen Formen der zu den Mikrotomen (Schneidmaschinen) gehörigen Messer.[1]) Zum Verständniss der Anwendung der letzteren Hilfsmittel (Mikrotome) bildet das Schneiden aus freier Hand eine sehr gute Vorschule, denn alle Mikrotome sollen blos sicherer und rascher das erzielen helfen, was beim Schneiden aus freier Hand angestrebt wird: durch das zu untersuchende Object möglichst dünne, grosse und in der Structur zusammenhängende Schnitte zu legen. Das Pulsiren der Handadern und das Muskelzittern verhindern namentlich dort, wo es sich um sehr grosse Objecte, z. B. das Gehirn eines Menschen, handelt und deshalb keine gewöhnlichen Rasirmesser, sondern sehr grosse (lange) Messer angewendet werden müssten, eine gleichmässige Schnittführung; aber auch bei dem gewöhnlich zu verarbeitenden kleineren Material, gehöre es nun dem Thier- oder Pflanzenreiche an, wird dem Praktiker das Mikrotom viel Zeit und Mühe ersparen, wenn er erst durch fleissige Uebung des Frei-

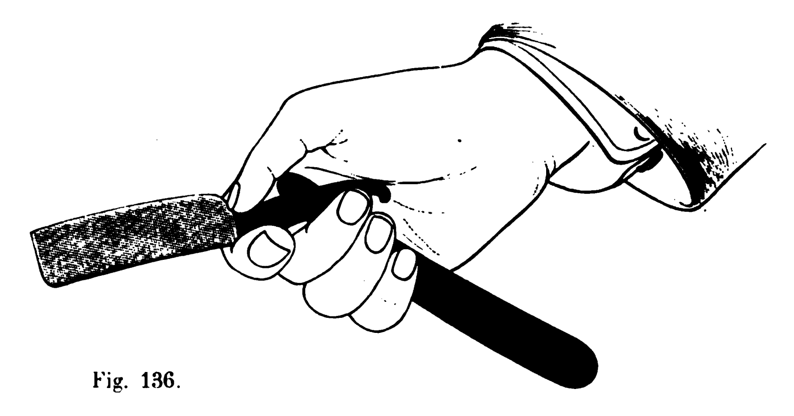


Fig. 136.

handschneidens gelernt hat, sich bezüglich aller die Schneidbarkeit eines Objectes bedingenden Momente bei jedem Material zu orientiren.

Auch um den Vortheil der Mikrotome würdigen zu können, muss man die Methoden des Schneidens von Objecten aus freier Hand durchaus verstehen, und wir gehen deshalb gleich auf diese ein.

Man versucht es, zunächst von einem Krautstengel, Kohlstrunk, Erdäpfelknollen u. dergl. oder von einem Stängelchen Hollundermark mit dem Rasirmesser Fig. 132 *c* möglichst feine Abschnitte zu machen. Man verfährt dabei so: Man führt zuerst einen Schnitt in der gewünschten Richtung (am leichtesten sind Querschnitte), um sich eine ebene Fläche an dem zu schneidenden Gegenstande zu schaffen. Dann fasst man den Gegenstand zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand und setzt das mit der rechten Hand nahe an dem Gelenke gefasste Rasirmesser auf die ebene Schnittfläche auf. Hiebei ist über die Messerhaltung nach Wilhelm **Behrens**[2]), welcher unter den deutschen Botanikern wohl als einer der tüchtigsten Kenner der modernen

[1]) Für die später zu beschreibenden Mikrotommesser mit geschweiftem oder im Winkel abgebogenem Griff dient, da hier das Rohr sich nicht gut anbringen lässt, eine andere Abziehvorrichtung, die wir weiter unten abbilden und beschreiben werden.

[2]) Leitfaden der botanischen Mikroskopie von Wilhelm **Behrens**, Braunschweig, bei Harald Bruhn, 1890, S. 116 u. ff.

mikroskopischen Technik anzusehen ist und ganz besonders Werth auf das Freihandschneiden legt, Folgendes zu beachten: „Wir fassen das Messer mit der rechten Hand (ein sogenannter „Linkshänder“ wird natürlich das Object in die rechte und das Messer in die linke Hand nehmen) in der Weise, wie es Fig. 136 veranschaulicht. Dabei ist darauf zu achten, dass der Daumen bequem in der Kehle der Klinge ruht und dass das Heft einen solchen Winkel zur Klinge bildet, um es mit den drei letzten Fingern mühelos festhalten zu können. Der Zeigefinger, der das ausgebildetste Tastgefühl besitzt, regulirt den beim Schneiden anzuwendenden Druck.“ Diese Anleitung zur Messerhaltung ist so klar, dass sie wohl mit Hilfe der Zeichnung — in welcher, abweichend von dem Cliché in Behrens' citirtem Buche, das Rasirmesser behufs besseren Hervortretens allein schraffirt, die haltende Hand jedoch blos in den Umrissen angedeutet wurde — auch Personen, die von Natur aus weniger Handfertigkeit besitzen, zu einer correcten Messerhaltung beim Freihandschneiden befähigen wird. Nun gibt es da zwei Schneidarten: die „hobelnde“ und die „schneidende“. Bei der ersteren — der hobelnden — setzt man das Messer leicht auf die geebnete Oberfläche des zu schneidenden Gegenstandes auf und fährt mit dem Messer über dieselbe rasch — ohne das Messer gegen sich zu ziehen — hinweg. Gelegentlich nimmt die Schneide des Messers von dem Gegenstande eine dünne Schichte in der nämlichen Art weg wie ein Hobel.

Bei der zweiten Methode setzt man das Messer fester auf die zu schneidende Oberfläche auf, zieht es bedächtig gegen sich, während es mit dem Gegenstande einen axialen Winkel von 50 bis 60° einschliesst, und hält die Klinge fortwährend im Auge. So wie man merkt, dass das Messer, respective dessen Klinge sich heben will, so muss man sie sofort niederhalten; will sie sich senken, muss man sie heben u. s. w.[1])

Die Hobelmethode liefert rasch zahlreiche, in der Dicke sehr variable Schnitte, aus denen man sich die nicht gar zu dünnen (da diese leicht reissen) heraussucht. Die dicken wirft man weg. Diese Hobelmethode involvirt also eine Materialverschwendung; die andere liefert gleichmässigere Schnitte, ist aber viel zeitraubender. Der Anfänger übe sich aber in beiden! Bemerkt muss werden, dass die Messerklinge in der Regel feucht gehalten werden muss, so dass die Schnitte auf der Klinge schwimmen. Bei unserem Versuche befeuchten wir die Schnitte mit destillirtem Wasser, geben also auch auf das Rasirmesser mittelst einer Spritzflasche fortwährend die genügende Menge Wasser. Die Schnitte spült man mit einem stark mit destillirtem Wasser befeuchteten Pinsel in eine Glasschale mit Wasser. Aus der Schale werden die Schnitte mit einem Schnittfänger nach Art des in Fig. 137 abgebildeten (wie solche auch Siebert in Wien besorgt) oder mit einem Objectträger herausgefischt. Mit dem Fänger, auch

Fig. 137.

[1]) Schiefferdecker hat in seinem Buche (Behrens, Kossel und Schiefferdecker Das Mikroskop, Braunschweig 1889) theoretisch begründet, dass bei dem Schneiden eines Objectes ein umso spitzwinkeliger, daher kraftsparenderer (imaginärer) Keil auf das zu schneidende Object wirkt, je länger das Messer ist und unter einem je spitzeren Winkel zur Schneide die Bewegung desselben erfolgt (Hindurchziehen!). Dennoch wird die „hobelnde“, also senkrecht (in einem rechten Winkel) gegen die Schneide wirkende Bewegung des Messers oft, besonders auch bei Mikrotomen angewendet, und deckt sich hier Theorie und Praxis nicht ganz.

Fischer genannt, indem man das spatelförmige Ende des Präparatenfängers unter den Schnitt schiebt und sammt dem Schnitte heraushebt. Sehr weiche Schnitte werden mit einer Nadel unterfangen, und der Schnitt soll, wie Professor Sigmund Exner sich populär ausdrückt, daran hängen, „wie Wäsche an einem Strick“.

Die herausgefischten Schnitte legt man auf einen Objectträger, breitet sie mit dem Pinsel sachte aus, bedeckt mit dem Deckglas und untersucht bei circa 400maliger Vergrösserung. Ein tadelloser Schnitt von Hollundermark z. B. muss das Parenchym des Markes so zeigen wie Fig. 138.

Fig. 138.

Zu dicke Schnitte zeigen bei schwächeren Vergrösserungen ein Durchschimmern der unteren Zellschichten und wenig Licht, zu dünne Schnitte dagegen zahlreiche Einrisse und Zellenfragmente. Bei stärkeren Vergrösserungen (400- bis 600mal) zeigen dicke Schnitte gar kein deutliches Bild mehr, sondern nur nebelhafte, durcheinanderschwimmende Contouren.

Man halte daher die goldene Mittelstrasse ein.

Diese richtige Dicke, welche sich bei den später zu beschreibenden Mikrotomen leicht feststellen lässt, ist aus freier Hand nicht ohne grosse Geschicklichkeit zu erzielen.[1]) Meist fallen die Schnitte eher zu dick als zu dünn aus und die dünnen haben eine ungleiche Dicke. Dies liegt häufig darin, dass die Facetten der Messerschärfe (Schneide der Klinge) nicht die richtige Orientirung zur Bewegungsebene besitzen, ein Umstand, den wir beim Schneiden aus freier Hand kennen und abschätzen lernen und welcher beim Schneiden mit den Mikrotomen natürlich auch in Betracht kommt, wie wir später sehen werden.

Schiefferdecker hat dies in dem oben citirten Werke durch zwei Figuren, die wir in dem Text abdrucken, recht anschaulich dargestellt. In Fig. 139 ist *M* das Messer, *f* die etwas übertriebene Schlifffacette der Messerschärfe, *Obj.* das zu schneidende Object, *Sch* der sich ablösende Schnitt; der Pfeil deutet die Bewegungsrichtungs-Ebene an, während die punctirte Linie die Ebene der unteren Schlifffacette (Facettenebene) darstellt. Am günstigsten für das Eindringen des Messers ist es nun, wenn die Bewegungsebene

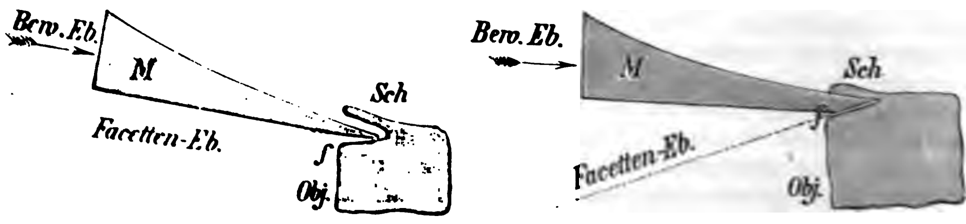


Fig. 139. Fig. 140.

parallel ist mit der Facettenebene, am ungünstigsten, wenn die Facettenebene wie in Fig. 140 gegen die Bewegungsebene des Messers zu geneigt ist, weil dann das Messer auf das unter ihm befindliche Object einen Druck ausüben wird, der entweder (bei sehr dünnen Klingen oder harten Objecten) ein Ausbiegen des Messers oder eine Verletzung des Objectes zur Folge haben wird. Da die Bewegungsrichtung des Messers senkrecht auf dessen

[1]) [illegible] Mikrotome liefern von gehörig zubereiteten Objecten Schnitte von [illegible] brauchbar sind.

Rückenfläche zu sein pflegt (besonders bei der hobelnden Art des Schneidens), so ist das Messer desto günstiger geschliffen, je mehr der Winkel, den die untere Facette mit der Rückenebene des Messers bildet, sich einem Winkel von 90° nähert, desto ungünstiger, je spitzer dieser Winkel wird. Da sich leider, besonders bei auf der einen oder auf beiden Seiten flachen (nicht hohlgeschliffenen) Messern eine solche zum Messerrücken senkrechte Facette beim Abziehen nicht herstellen lässt, wie schon oben erwähnt wurde, als von der Walb'schen Abziehvorrichtung die Rede war, so muss man das Messer beim Schneiden so halten, dass die untere Facette in die Bewegungsrichtung zu liegen kommt, weil dann der günstigste Fall eintritt, dass Bewegungs- und Facettenebene keinen Winkel bilden, sondern parallel sind.

Durch Vergleichen mit guten Abbildungen wird man nach wenigen Wochen aus an sich harten Objecten, wie z. B. Stengeln, Wurzeln, Knorpeln etc., tadellose Schnitte herstellen gelernt haben. Dabei wird man zweierlei wahrgenommen haben:

1. Dass sich weichere Objecte schwerer schneiden lassen als härtere (natürlich sehen wir von ganz harten Objecten, wie Horn, Bein u. dergl., vorläufig ab).

2. Dass sich grössere Objecte, die dem Messer eine breitere Fläche darbieten, leichter schneiden lassen als kleinere, und dass sich ganz kleine Gegenstände, z. B. Haare u. dergl., nach der bis jetzt beschriebenen Manipulationsart gar nicht schneiden lassen.

Thatsächlich ist es auch eine wichtige Aufgabe der modernen Mikrotechnik gewesen, den sub 1. und 2. angeführten Wahrnehmungen Rechnung zu tragen; bei der ersteren geschah dies durch die sogenannten Härtungsmethoden.

Eine Härtungsmethode muss — soll sie den Zweck erfüllen — einem weichen Körper eine „schnittfähige" Consistenz geben, ohne dabei dessen Structur wesentlich zu verändern. Die älteste Härtungsmethode war die des Trocknens. Man kann selbe, da sie auf Verdunstung beruht — die flüssigen Theile trocknen aus — eine „physikalische" nennen. Fast ebenso alt ist jene durch Kochen. Neuerdings kocht man Lungen- und Nierenstücke, indem man sie auf 2 bis 3 Minuten in siedendes Wasser wirft, um sie zu härten; besonders Exsudate werden durch Kochen schön vorgehärtet, erfordern aber meist noch eine Nachhärtung durch eine der im Folgenden beschriebenen Härtungsmethoden. Ueberhaupt werden heutzutage oft mehrere Methoden combinirt, auch ältere mit modernen.

Die nächstälteste ist die Härtung durch Einlegen in Alkohol; sie ist eine mehr chemische, da der Alkohol die Albuminstoffe gerinnen macht, beruht aber ebenfalls darauf, dass der Alkohol dem Objecte Wasser entzieht, dasselbe also gewissermassen auf chemischem Wege austrocknet. Ausser diesen gibt es noch zahlreiche andere chemische Härtungsmethoden, die wir an passender Stelle kennen lernen werden; es gibt aber eine ganz moderne und sehr wichtige physikalische Härtungsmethode, weil sie die Structur der zu härtenden Objecte beinahe unverändert lässt (freilich nicht ganz unverändert), und weil sie das Schneiden ganz frischer Organe gestattet, es ist dies die Gefriermethode.

Bei den Mikrotomen werden wir eine Vorrichtung kennen lernen, welche das Anfrieren des zu schneidenden Objectes auf eine Metallplatte jederzeit, selbst im heissen Zimmer, möglich macht; hier wollen wir erwähnen, dass man behufs Anfrierenlassens ohne besonderen Apparat feingehacktes Eis (noch besser Schnee) mit gewöhnlichem Kochsalz gemischt in eine Theeschale gibt, in welche man einen passenden Becher von Blech oder noch besser einen zinnenen gestellt hat. In den zinnenen Becher kommt auf einen

grossen Kork das befeuchtete Object. In einen tiefen Teller kommt gleichzeitig dieselbe Kältemischung und in diese gräbt man die Klinge des Rasirmessers unter möglichster Schonung der Schneide ein. Nach wenigen Minuten sinkt ein in jene Mischung, in welcher der metallene Becher mit dem Objecte steht, eingesetztes Thermometer nach Celsius auf 12° unter den Nullpunkt, und dann weiter: zeigt das Thermometer 16 bis 18° unter Null, so nimmt man den Kork mit dem nunmehr angefrorenen Objecte heraus und schneidet mit dem ebenfalls abgekühlten Rasirmesser. Das letztere eigens zu befeuchten, ist hier nicht nöthig, da sich an der kalten Klinge Wasserdampf in Menge zu destillirtem Wasser niederschlägt.

Andere, stärkere Kältemischungen anzuwenden wird man selten in die Lage kommen; mangelt aber das Eis, so nimmt man ein becherförmiges Trinkglas, stellt ein recht dünnes Kochbecherglas hinein, welches über den Rand des Trinkglases etwas hervorragen kann, gibt in diesen Kochbecher den Kork mit dem anzufrierenden Objecte, füllt den Zwischenraum zwischen beiden Gläsern vorsichtig mit Sal mirabile Glauberi ($S O_4 Na_2$) in Krystallen und schüttet durch einen bis auf den Boden des Trinkglases reichenden Trichter nach und nach Salzsäure (Acid. muriaticum crudum) ein. Dadurch gefriert das Object in dem Kochbecher, den man zur Verhinderung der Wärmeausstrahlung mit einem ebenen Brettchen bedeckt hat, weil das im Glaubersalz chemisch gebundene Krystallwasser beim Hinzufügen der Salzsäure sich verflüssigt und die Temperatur auf — 17° C. sich erniedrigt, indem die Schmelzungswärme latent wird. Das Rasirmesser, welches man in diesem Falle natürlich nicht in die salzsaure Glaubersalzmischung einbetten kann, kann ohne Eis dadurch gekühlt werden, dass man es in Aether taucht und den Aether durch Schwenken des Messers möglichst rasch abdunsten lässt. Dies ist die wichtigere physikalische Methode der Härtung; die minder wichtige, die Trocknungsmethode, haben wir ebenfalls erwähnt und wollen dieselbe gleich besprechen, da sie für die meisten hiezu geeigneten Objecte gleichartig praktisch werden kann, wenn auch eine gewisse Rücksichtnahme auf die Beschaffenheit des zu härtenden Körpers auch hier nicht ganz ausser Acht gelassen werden darf. Viele Objecte lassen sich überhaupt durch Trocknen nicht schneidfähig machen.

Man kann das Trocknen entweder mittelst der natürlichen Wärme der Luft, eventuell bei Körpern, deren Farbe nicht zu sehr im Lichte modificirt wird, oder wo eine solche Modification gleichgiltig ist, an der Sonne durchführen, oder man kann hiezu künstliche Mittel, wie Chlorcalcium, das Vacuum oder künstliche Wärme anwenden.

Da das Trocknen heutzutage nur eine untergeordnete Rolle unter den Härtungsmethoden spielt, so wird man sich wohl kaum einen eigenen Trockenapparat behufs Trocknung von Geweben auf künstlichem Wege anzuschaffen brauchen. Harting und nach ihm Dippel bilden eine ziemlich complicirte Vorrichtung zum Trocknen mit heisser Luft in ihren Werken ab, und wir glauben deren Abbildung und Beschreibung umso eher unterlassen zu können, als dieser Apparat nur mehr historischen Werth haben dürfte. Dagegen lässt sich ein zu bakteriologischen Versuchen als Sterilisirungs- oder Vegetationskasten zur Noth ebenfalls brauchbarer Trockenofen zweckentsprechend als Trockenapparat zur Vorbereitung von Objecten für den Schnitt verwenden, und seine Anschaffung ist also eine auch aus anderen Gründen durchaus nicht unnütze Auslage, abgesehen davon, dass man in einem solchen Ofen, wie wir später sehen werden, in zweckentsprechendster Weise die Verschlüsse von Canadabalsam-Dauerpräparaten sowohl erhärten, als die misslungenen wieder aufweichen kann.

Wir bilden einen solchen Trockenofen, wie selber bei Rudolf Siebert in Wien aus Weissblech schon zum Preise von 6 *K* zu haben ist (aus Kupfer kostet er mehr), in Fig. 141 ab. Die Zwischenwände werden durch den einen Tubus mit Wasser gefüllt und unter den Apparat eine Spiritus- oder Bunsenflamme gesetzt; in den zweiten mittleren Tubus setzt man mittelst Kautschukstöpsels ein Thermometer ein und in den Kasten selbst bringt man die zu trocknenden Objecte am besten in offenen Glasdosen; selbe an Drahthäkchen aufzuhängen, wie Harting vorschlägt, dürfte bei diesem Apparat nicht nöthig sein.



Fig. 141.

Zum Trocknen verwende man nach Harting und Dippel nur möglichst fettfreie, kleine Stückchen des betreffenden Gewebes, die indessen immerhin eine solche Ausdehnung besitzen müssen, dass sie auch nach dem Einschrumpfen dem Messer eine noch hinreichend grosse Schnittfläche bieten.

Neben die Objecte kann man immerhin ein Schälchen mit calcinirtem Chlorcalcium oder mit Schwefelsäureanhydrid bringen. Dann schliesst man die Thüre des Kastens und wartet, bis das Thermometer 45° Celsius anzeigt; meist werden dann die Objecte eine seifen- oder hornartige Consistenz erreicht haben. Sie lassen sich dann schneiden und geben unter destillirtem Wasser oft ein dem frischen Gewebe sehr ähnliches Bild, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet. Ich habe auf diese Art einen Regenwurm getrocknet, und er liess sich dann mit dem Rasirmesser wie ein Weidenstengel schneiden. Mit destillirtem Wasser aufgeweicht und unter Zusatz eines Tropfens einer Mischung von 70 Glycerin, 15 Alkohol und 15 Aqua destill. auf den Objecttisch des Mikroskops gebracht, zeigte der Schnitt die Organe des Wurmes mit fast schematischer Deutlichkeit. Für histologische Studien ist freilich diese Methode im Allgemeinen nicht geeignet, denn viele Objecte vertragen weder ein Trocknen noch ein Wiederaufweichen, und bei diesen bleibt man auf chemische Härtungsmethoden angewiesen, falls die Gefriermethode nicht angewendet werden kann oder man selbe nicht anwenden will. Auch durch eine andere, in der Mitte zwischen physikalischen und chemischen Härtungsmethoden liegende Methode kann man weiche Gewebe schneidbar machen, indem man nach Schleiden den zu schneidenden Gegenstand mit einer dicken Lösung von Mucilago gum. arab. tränkt, welcher man, damit sie nach dem Trocknen nicht zu spröde wird, einige Tropfen Glycerin und etwa 5 Volumpercent Syrupus simplex zugesetzt hat. Man lässt dann den getränkten Gegenstand an der Luft auf einer Tasse eintrocknen oder, wenn er klein ist, gleich auf einem Korkstöpsel. Dann macht man die Schnitte und bringt sie in ein Schälchen, in welchem sich etwas nicht über 40° Celsius erwärmtes Wasser befindet. Hat sich das Gummi aufgelöst, so kann man die Schnitte, mit obiger Glycerinlösung befeuchtet, unter dem Mikroskope betrachten. Hier sehen wir also die rein physikalische Trockenmethode mit einer Einbettung in eine erhärtende Masse vereinigt.

Wir werden bald sehen, dass man unter gewissen Umständen auch auf anderem chemischen Wege gehärtete Gegenstände in schneidbare — ursprünglich flüssige — dann erhärtende Massen, wie z. B. Gummilösung, Seifenlösung, Gelatine, Paraffin u. dergl., „einbettet", um sie besser schneidbar zu machen.

Aber man hat schon früher die damals noch unvollkommenen chemischen Härtungsmethoden mit der rein physikalischen Trockenmethode combinirt, um gut schneidbare Objecte zu erlangen. So hat man die Objecte, bevor man sie in den Trockenapparat brachte, vorher in Wasser, Essig oder ver-

dünnter Natronlauge gekocht, in heisses Acid. nitric. dilut. getaucht oder zwei bis drei Tage in Holzessig eingeweicht, und Dippel spricht sich über diese Methoden, soweit sie thierische Gewebe betreffen, nicht ungünstig aus; doch hat man dafür heutzutage viel schonendere chemische Erhärtungsmethoden.

Wie wir bereits oben ausgeführt haben, hat man für die verschiedenen Objecte verschiedene chemische Härtungsmethoden, und wir können diese nicht alle hier aufzählen. Doch gibt es gewisse, vielfach verwendbare Härtungsmethoden, welche namentlich Demjenigen, der sich nicht speciell mit Histologie zu befassen hat, ausreichende Dienste leisten. Wir haben bereits oben erwähnt, dass die älteste chemische Härtungsmethode jene mit Alkohol ist, indem dieser den Objecten einerseits Wasser entzieht und sie so auf chemischem Wege austrocknet, andererseits die in frischem Zustande flüssigen Eiweissstoffe (Albuminate) der Objecte zum Gerinnen bringt, dieselben also in einen schneidbaren Zustand versetzt. Dagegen löst der Alkohol manche Fettsubstanzen und viele Extractivstoffe auf; wo es also auf die Demonstration dieser in einem mikroskopischen Präparate ankommt, darf natürlich Alkohol nicht zur Härtung angewendet werden, sonst aber ist wirklich reiner Alkohol in Abstufungen bis zu einer Verdünnung mit 80 bis 85 und bei sehr zarten Geweben gar 90 Gewichtspercenten Wasser ein für die meisten Gewebe brauchbares Härtungsmittel. Man legt dabei die zu härtenden Objecte zuerst in 10%igen, dann 15%igen, dann 20%igen, dann 50%igen, dann 75%igen und schliesslich in absoluten Alkohol, bis sie die zum Schneiden nöthige Consistenz angenommen haben, was natürlich nach Verschiedenheit der eingelegten Gewebe eine verschieden lange Zeit erfordert, so dass sich hierüber eine allgemeine Regel nicht geben lässt. Die durch die Gerinnung der Albuminate in den mit Alkohol gehärteten Objecten hervorgerufene Trübung lässt sich durch Einlegen des Schnittes in Nelkenöl (Oleum Caryophyllorum) oder in oberwähnte Mischung aus 70 Glycerin, 15 Alkohol und 15 Aqu. dest. in den meisten Fällen aufhellen.

Drüsige Gebilde, der Darmcanal und überhaupt die Verdauungswerkzeuge geben mit Alkohol erhärtet sehr gute Bilder, wogegen z. B. die Retina des Auges, die meisten Nerven, Schleimhäute mit Flimmerepithelbekleidung, zarte Embryonen durch die Härtung in absolutem Alkohol keine unveränderten Schnitte geben, nämlich keine solchen, deren Structur noch im Wesentlichen der normalen entspricht. Hier leistet die von Hannover im Jahre 1840 zuerst empfohlene Chromsäure [1]) als Härtungsmittel gute Dienste, namentlich für histologische und pathologische Zwecke. Auch hier bewährt sich das Ein-

[1]) Chemisch reine Chromsäure in destillirtem Wasser gelöst, so dass auf 100 Gewichtstheile Wasser 0·5, 1, höchstens 2 Gewichtstheile der Chromsäure kommen. Ganz frische Theile erfordern zum Härten eine schwächere, minder frische Theile eine stärkere Lösung, doch soll die Concentration 2 Gewichtspercente nicht übersteigen (Frey). Die Lösungen, besonders die schwächeren, neigen zur Schimmelbildung. Man nimmt deshalb nach Erreichung des nöthigen Härtegrades die Objecte aus der Flüssigkeit heraus und bewahrt sie bis zur Verarbeitung in 60%igem Alkohol auf. Zusätze von aseptischen Substanzen sind im Allgemeinen nicht zu empfehlen, weil deren Wirkung auf die Structur zarter Objecte nicht erwünscht ist; ein mehrtägiges Einlegen von Kampher in das Wasser, in welchem man die Chromsäure löst (Kampherwasser), hat jedoch nach meinen Erfahrungen stets die Schimmelbildung hintangehalten und den zu härtenden Objecten keinen Schaden gebracht. An Stelle der Chromsäure werden zum Härten auch deren Salze benützt. Am bekanntesten ist die Müller'sche Augenflüssigkeit geworden, so benannt, weil sie H. Müller zunächst zur Erhärtung der Retina des Auges empfohlen hat. Sie besteht aus:

	Gramm
Aqua destillata	100
Kali bichrom.	2—2·5
Natron sulfur.	1

und ist auch für andere zarte Objecte brauchbar. Zwei Wochen sind jedoch die kürzeste Zeit, deren die Härtungsflüssigkeit bedarf, um ein Object schnittfähig zu machen. So wie

legen des zu härtenden Objectes in zuerst verdünntere, dann stärkere Lösungen. Die zu härtenden Objecte werden, falls es angeht, in kleinere Stücke zertheilt und zuerst in eine Lösung von 1 *gr* Acid. chromic. auf 500 *ccm* Aqu. dest. eingelegt, nach circa 5 Tagen legt man sie in eine $^1/_2$%ige und schliesslich in eine 1%ige Chromsäurelösung, bis die Stücke nach circa 8 bis 14 Tagen, ja, bei sehr weichen Objecten nach 3 bis 4 Wochen die nöthige Schnittconsistenz erlangt haben.

Die Objecte haben dann eine gelbgrüne Färbung erhalten und müssen in Glycerinwasser [1]) aufgehellt werden.

Sehr wichtig ist es, bei allen Härtungsmethoden sich vor Augen zu halten, dass die sogenannte Fixirung der Präparate nicht leiden darf, wofern solche für subtilere Untersuchungen bestimmt sind. Unter Fixirung versteht man eine solche Behandlung mikroskopischer Objecte, dass die Bestandtheile derselben, also insbesondere bei thierischen und pflanzlichen Objecten die Zellen, ja sogar die Zellkerne die Lage, die sie im lebenden Organismus gehabt haben, im mikroskopischen Präparate beibehalten. Manchesmal ersetzt die Vornahme der Fixirung gleichzeitig die Härtung, z. B. wenn man einen der in unseren Teichen lebenden Süsswasserpolypen (Hydra viridis oder Hydra fusca) in heisses Sublimatwasser [2]) wirft, so wird das Thierchen rasch getödtet, ehe es Zeit hat, sich zusammenzuziehen, gleichzeitig werden die Zellen in ihrer Lage („in situ") fixirt und das Object gehärtet, das heisst schnittfähig, wenn es 20 Minuten in der Sublimatlösung verbleibt und dann eine Stunde in öfter gewechseltem destillirten Wasser ausgewaschen worden ist, um das Sublimat, welches die Messer angreifen würde, zu entfernen. Auch Lösungen von Ueber-Osmiumsäure [3]) (kurzweg „Osmiumsäure" genannt), $^1/_{10}$ bis $^1/_2$ *gr* in 100 *gr* destillirten Wassers fixiren und härten zugleich, wenn man die Objecte tagelang darin liegen lässt, bis sie so hart sind wie Käse. Will man sehr zarte Objecte, wie z. B. kleine Wasserthierchen (Copepoden, Bryozoen) blos fixiren, so lässt man die Osmiumlösung nur so lange (5 bis 10 Minuten) einwirken, bis sich die Objecte zu bräunen beginnen, und wäscht sie dann in Wasser aus. Man kann übrigens mit Osmiumsäure fixirte Objecte auch nachträglich mit Alkohol härten, besonders wenn man sie nachher, wovon später gesprochen werden wird, zu mikroskopischen Dauerpräparaten durch Einschluss in harzartige Massen (Canadabalsam, Damarlack u. dergl.) verarbeiten will.

Das Kochen härtet und fixirt zugleich eiweissreiche Gebilde, da das Eiweiss coagulirt und die Zellen fixirt. Kochen in Essig und nachheriges Trocknen — also eine Combination zweier älterer Härtungsmethoden — kann bei manchen thierischen Theilen ebenfalls die Fixirung ersetzen. Auch eine sehr allmälige Einwirkung von Alkohol auf zarte Objecte, wie wir sie auch

---

überhaupt bei der chemischen Härtung ist es auch hier angezeigt, mindestens das 100fache Volumen des zu härtenden Objectes an Härtungsflüssigkeit zu verwenden. Statt Kali bichrom. (doppeltchromsaures Kali) hat man andere Chromsalze versucht, so z. B. einfachchromsaures Kali, von welchem man etwa 5 *gr* auf 100 Wasser und 1 Natron sulf. nehmen muss, doppeltchromsaures Ammoniak (1% für Nervensubstanz, 2% für Haut, besonders Schweissdrüsen [Heynold]), doch vermag die Müller'sche Flüssigkeit allen Anforderungen des Praktikers zu genügen.

[1]) 180 *ccm* Aqu. dest.
100 *ccm* Glycerin
20 *ccm* Alkohol (90%)
1 *gr* Kampher
(Der Kampherzusatz soll das Schimmeligwerden verhüten.)

[2]) Concentrirte Lösung! Temperatur 55° Celsius.

[3]) Zuerst angegeben von Max Schulze. Kommt in zugeschmolzenen Glasröhrchen im Handel vor, da sie sehr flüchtig ist und ihre Dämpfe Augen und Schleimhäute sehr irritiren. Man bricht deshalb das zugeschmolzene Glasröhrchen unter dem Spiegel des Wassers, in dem die Osmiumsäure gelöst werden soll, auf.

noch später bei der vorerwähnten Herstellung von Dauerpräparaten durch Einschluss in Harzen brauchen werden, um das Wasser aus den Objecten fortzuschaffen, vermag auch bei dem allerempfindlichsten Material dasselbe allmälig gleichzeitig zu härten und zu fixiren. Am vollkommensten erzielt man eine solche allmälige Einwirkung durch Anwendung des von F. E. Schultze angegebenen Apparates.

Derselbe besteht, wie Fig. 142 in schematischem Durchschnitte zeigt, aus einem grossen Gurkenglase G, auf dessen Boden sich bei K geglühter Kupfervitriol (calcinirtes Kupfersulfat) befindet. Auf diesen ist absoluter Alkohol aufgefüllt, der sich längere Zeit wasserfrei erhält, weil geglühter Kupfervitriol mit Begier das Wasser aus dem Alkohol, welches dieser aus der Luft etwa aufnimmt, an sich zieht. In dieses Gefäss tauchen zwei ineinander gesteckte Glascylinder C_1 und C_2. Beide sind an ihrem Ende durch eine Membram aus feinstem Briefpapiere, sogenanntem „Postverdruss", verschlossen. In den inneren Cylinder C_1 kommt ein Gemisch von 90 Vol.-Th. Wasser und 10 Vol.-Th. Spiritus, in den Cylinder C_2 ein solches von 50 Vol.-Th. Wasser und 50 Vol.-Th. Alkohol. Das zu härtende und gleichzeitig zu fixirende Object O bringt man in den Cylinder C_1; ist es so schwer, dass man ein Durchdrücken der feinen Papiermembran befürchten müsste, so hängt man es an einem Drahte oder Faden mit Hilfe eines über die obere Cylinderöffnung gelegten Stäbchens in den Cylinder ein. Nur sehr allmälig wird durch Endosmose (Dialyse) die Flüssigkeit im Cylinder C_1 sich mit Alkohol vermischen und somit aus immer wasserärmerem Spiritus (Alkohol) bestehen, bis schliesslich die Härtung auf schonendste Weise erzielt ist, da gleichzeitig eine Fixirung stattgefunden hat. Gewöhnlich dauert dieser Process 24 Stunden. Bei weniger zarten Objecten, z. B. Rückenmark, kann man den zweiten Cylinder C_2 weglassen, und dann vollzieht sich der Austausch schneller. Auch kann man den Austausch beschleunigen, wenn man im Gefässe G die Flüssigkeit höher stehen lässt als in den Cylindern (oder dem einen Cylinder), und hat es überhaupt in der Hand, die Entwässerungsgeschwindigkeit durch Differenzen in den Flüssigkeitssäulen nach Bedarf zu reguliren. Neuestens werden 4 bis 10%ige Formalinlösungen[1]) zum Härten und Fixiren benützt.

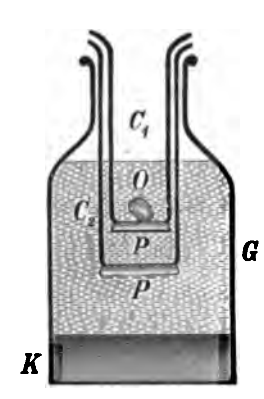


Fig. 142.

Für Objecte, welche arm an Proteïnsubstanzen sind — also für manche pflanzliche Objecte — eignet sich das kohlensaure Kali (25%ige Lösung in Wasser) am besten als Erhärtungsmittel.

Auf viele andere Härtungsmittel chemischer Wirkungsweise hier einzugehen verbietet deren Zahl und Specialität.

Ein Beispiel wird hier genügen: So wird eine 1%ige Sublimatlösung als specielles Erhärtungsmittel angewendet, wenn es sich darum handelt, thierische Capillargefässe sammt den in ihnen enthaltenen Blutkörperchen schnittfähig zu machen; für alle anderen Zwecke ist diese Härtungsflüssigkeit unbrauchbar, da alle anderen Gewebe in ihr zu stark schrumpfen und auch ihre Durchsichtigkeit selbst in sehr dünnen Schichten einbüssen. Auch die Messer werden vom Sublimat angegriffen.

Aber es gibt nicht nur Objecte, die zu weich sind, um geschnitten werden zu können, sondern auch solche, welche zu hart sind. Diese muss man je

---

*) Siehe Dr. Th. Kitt, Bakterienkunde und pathologische Mikroskopie, Wien 1899, Verlag von Moritz Perles, S. 65 u. f.

nach Umständen in Sodalösung oder Pottaschesolution, ja manche, wie z. B. sehr harte Hölzer, sogar in Lösungen von Aetzkali (Kaliumhydroxyd) digeriren, um sie weicher zu machen. Wie Dippel treffend bemerkt, wird man aber erst durch eigene Versuche über die Behandlungsweise ein Urtheil fällen können.

Sollen sehr harzreiche Hölzer geschnitten werden, digerirt man sie zuerst in starkem Alkohol und schneidet mit einem Rasirmesser nach Art desjenigen Fig. 132 *c* unter starker Befeuchtung mit Spiritus.

Sind sehr ungleich harte Objecte zu schneiden, wie manche verholzte Pflanzentheile, die einestheils noch ganz weich, anderntheils hart sind, so erfordert das Schneiden eine grosse Umsicht und Geschicklichkeit. Als Regel gilt dabei: Man schneide vom härteren Theile in den weicheren hinüber und lege, falls man nicht Veränderungen von stickstoffhaltigem Zelleninhalte oder Lösungen von charakteristischen Extractivstoffen zu befürchten hat, das Object auf 2 bis 3 Tage in 50%igen Alkohol, wodurch die härteren Theile etwas erweicht, die weichen dagegen bedeutend erhärtet und so die Ungleichheiten etwas ausgeglichen werden.

Sehr flache, weiche Gegenstände von einiger Ausdehnung, von deren Oberfläche Schnitte genommen werden sollen, kann man ohne Rasirmesser schneiden, indem man ein lancettförmiges Messer, und zwar je nach Umständen[1]) entweder ein gerades und in der Mitte auf einer Seite geripptes oder ein gegen die Fläche gebogenes nimmt. Das erstere zeigt Fig. 143, das letztere Fig. 144, und zwar *B* von der Fläche, *A* von der Seite aus gesehen. Angewendet wird es, indem man die mit Wasser befeuchtete Spitze flach unter die Oberfläche einsticht und dann parallel mit dieser fortschiebt. Der sich dadurch bildende oberflächliche Abschnitt kann dann mittelst einer Stickscheere vollständig abgelöst werden.

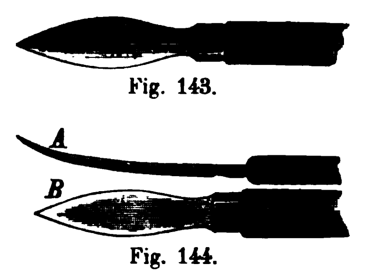


Fig. 143.

Fig. 144.

Sehr dünne oder platte und biegsame Objecte, z. B. zarte Pflanzenblätter, thierische Häute u. dergl., schneidet man am zweckmässigsten zwischen reinen Kork- oder Hollundermarkplättchen, die man in einem hölzernen Schraubstock oder Feilkloben unter sanftem Anziehen der Schraube einspannt. Hölzerne, an den Backen mit Kork belegte Feilkloben erhält man in jeder grösseren Werkzeughandlung. Bei länglichen Gegenständen, z. B. bei Caryophylli u. dergl., schneidet man einen grossen Korkstöpsel mitten entzwei und feilt mit einer runden Feile in die Korkhälften zwei auf einander passende Halbrinnen. In diese kommt der zu schneidende Körper. Haare, Moosblätter u. dergl. schneidet man, indem man sie in grösserer Zahl mit der oberwähnten Schleiden'schen Gummilösung zu einem Bündel vereinigt und dann zwischen den zwei Korkstöpselhälften antrocknen lässt. Hierauf werden die Schnitte, wie oben, in warmem destillirten Wasser vom Gummi befreit. Ebenso kann man Samen u. dergl. schneiden, nur nimmt man statt des gegenüber dem Samen zu weichen Korkes entsprechend geformte Stücke von Pappel- oder Lindenholz. Ganz winzige Körperchen, wie Stärkemehl, Sporen u. dergl., lassen sich auch zerschneiden, wenn man sie in eine Lösung aus 20 *gr* Gummi arab., 20 *gr* Aqu. dest. und 0·75 *gr* Glycerin einrührt und eintrocknen lässt. Dann überzieht man (nach Schacht) mit dieser Lösung nach und nach, indem man schichtweise eintrocknen lässt und wieder aufträgt, ein Hollundermarkstängelchen und nimmt von der Oberfläche

[1]) Bei gerader Oberfläche das gerade, bei gekrümmter das gebogene.

möglichst feine Schnitte ab. Einige solche Schnitte bringt man mit Wasser auf eine Glasplatte und wechselt vorsichtig das Wasser, bis das Gummi aufgelöst ist, worauf man dann auf der Objecttafel sehr zarte Durchschnitte der Körnchen des Stärkemehles u. dergl. hat. Man kann auch die mit Gummischleim angerührte Masse in ein aus Papier mittelst Leim geklebtes viereckiges Kästchen oder ein Schächtelchen, in welchem man Deckgläschen bezogen hat, einfüllen und dieses in 90%igen Alkohol hineinstellen. Nach kurzer Zeit ist die Gummimasse schnittfähig erstarrt und kann aus dem Papierkästchen herausgeschnitten werden. Nun führt man durch die prismatische Gummimasse Schnitte nach allen Richtungen und verfährt wie oben. Dieses Verfahren heisst man Einbettung im technischen Wortsinne. Sie kann in der heutigen mikroskopischen Technik nicht mehr entbehrt werden. Die älteren Mikroskopiker haben sich freilich oft ohne dieselbe beholfen.

Viele grössere Objecte können ganz gut ohne Vorbereitung in der Hand gehalten und geschnitten werden; so kann man Blätter um sich selbst fest rollen und Querschnitte machen.

Bei vielen anderen Objecten ist es möglich, dieselben auf ein Stück Seife zu legen und dann senkrecht Schnitte gegen die Seifenoberfläche zu führen. Viel sicherer aber bleibt es, diese Objecte — ebenso wie wir oben bei den ganz kleinen gesehen haben — in eine an sich schon schnittfähige Masse einzubetten. Dass diese Masse möglichst dieselbe Härte haben muss, wie der einzubettende Gegenstand, versteht sich von selbst. Die eine Einbettungsmethode in Gummi haben wir soeben kennen gelernt, die anderen Methoden werden wir im Folgenden kennen lernen.

Die am häufigsten geübte Einbettungsmethode ist jene in Paraffin.[1]) Man verfährt dabei auf verschiedene Weise, je nachdem man kleinere oder grössere Objecte einzubetten hat. Bei kleinen Objecten bis zu Erbsengrösse nimmt man einen Kautschukstöpsel, tropft auf denselben Paraffin durch Erwärmung flach auf, legt nun das Object darauf und übertropft so lange mit Paraffin, bis es mit einer fast $^1/_2$ *cm* dicken Schicht überzogen ist, dann kann man es schneiden, indem man den Stöpsel als Handgriff benützt. Die Schnitte kommen in eine Schale mit Spiritus Thereb. rect. (Terpentingeist), wo sich das Paraffin auflöst, und können dann in Damarlack oder auch in Anisöl oder dergl. unter dem Mikroskope betrachtet werden. Wenn die zu schneidenden Stückchen früher in Alkohol gehärtet wurden, hat man nur nöthig, sie gut mit Fliesspapier abzutrocknen und kann sie sofort einbetten; waren sie aber vorher mit Müller'scher Flüssigkeit, Chromsäurelösung, kohlensaurem Kali u. dergl. gehärtet worden, so bringt man sie auf fünf Minuten in Alkohol, um ihnen das Wasser zu entziehen, dann in Nelkenöl, um sie aufzuhellen, und endlich in Terpentingeist, damit sie im Paraffin fest haften. Nach dem Einlegen in Terpentin trocknet man das einzubettende Object gut ab, indem man es auf Filtrirpapier wälzt, und bettet es dann, wie oben beschrieben, ein.

Hat man dagegen Objecte über Erbsengrösse einzubetten, so verfährt man, nachdem man das Abtrocknen, das Befeuchten mit Terpentin u. dergl. — wie eben beim kleinen Objecte besprochen wurde — durchgeführt hat, wie folgt:

Man macht sich aus Papier ein oben offenes Prisma etwa von dem zehnfachen Volumen des einzubettenden Objectes, dessen Basis länglich sein soll. Gewiss hat jeder Leser dieser Zeilen einmal Mineralogie und Krystallographie studirt und deshalb auch die Anfertigung von Krystallmodellen aus Pappe auf Grund sogenannter „Krystallnetze“ versucht; ich erinnere nun an das Modell des Prismas und erwähne, dass man sich hiezu ein solches Netz

[1]) Schmelzpunkt um 50° C. herum.

auf dem Papier entwirft, dann ausschneidet und mit Leim zusammenpickt. Wer dazu zu bequem ist, erhält bei Siebert Einbettungskästen[1]) aus Blech mit abnehmbarem Boden im Ausmasse von 4×6 *cm*, 4×8 *cm* und 5×10 *cm* zu kaufen.

In dieses Prisma oder Einbettungskästchen tropft man Paraffin, welches man am Wasserbade in einem Porzellanbecher mit Ausgussschnabel oder einer Abdampfschale[2]) flüssig gemacht hat, bis der Boden der Schale bis zu $^1/_3$ Tiefe mit Paraffin bedeckt ist, und lässt es fest werden. Nunmehr bringt man das wie oben beschrieben behandelte Präparat auf das erstarrte Paraffin, und zwar möglichst in die Nähe einer der kurzen Seitenwände des Papierprismas oder des Einbettungskästchens in der Lage, welche der beabsichtigten Schnittrichtung in der Weise entspricht, dass die Schnittebene parallel mit der kurzen Wand wird, zu der man das Object hinlegt.

Nunmehr tropft man — am besten mit einer kleinen Pipette — so lange geschmolzenes Paraffin über die nunmehr durch das vorhin erstarrte Paraffin (auf der das zu schneidende Object liegt) gebildete Bodenfläche des Prismas oder des Einbettungskästchens, bis das Präparat $^1/_2$ bis 1 *cm* hoch mit Paraffin bedeckt ist. Dabei gebe man wohl Acht, dass sich an dem einzubettenden Objecte keine Luftblasen ansetzen. Sollte dies geschehen sein, so müssen sie mit einer erhitzten Nadel oder Scalpellklinge beseitigt werden.[3]) Nach circa 50 Minuten ist das Paraffin hart und schnittfähig geworden, und man kann das Papier leicht entfernen. Beim blechernen Einbettungskasten reisst man den abnehmbaren Boden ab und drückt das Paraffinprisma aus dem Kästchen mit dem Daumen heraus. In beiden Fällen löst sich das erhärtete Paraffin von den Wänden der Papier- oder Blechform leicht los; im Noth-

---

[1]) Wie schon erwähnt, können kleine Objecte in Deckgläschenschachteln eingebettet werden. Selbst Schachteln von schwedischen Zündhölzchen sind zu brauchen (für grössere Objecte).

[2]) Das Wasserbad kann einfach improvisirt werden, indem man einen kleinen gusseisernen Topf zur Hälfte mit Wasser füllt und einen hohen Porzellankaffeetopf mit Ausgussschnabel hineinstellt. Das Ganze wird entweder auf einer Herdplatte oder auf einem Dreifuss durch eine Spiritus- oder Bunsengasflamme erwärmt.

[3]) Besser durchtränken sich die zu schneidenden Objecte mit dem Paraffin (ohne Luftblasen anzusetzen), wenn man selbe mit Xylol, Toluol, Chloroform oder Bergamottöl (anstatt Terpentinöl) behandelt. Rosen (Mittheilungen aus dem Gebiete der Mikrotechnik im Jahresber. der Schlesischen Ges. für vaterländische Cultur 1893) empfiehlt für zarte pflanzliche Objecte, die sonst schrumpfen würden, sie aus dem Entwässerungsalkohol (Alkohol von 96% über geglühtem Kupfervitriol stehend, welcher ihm das Wasser entzieht) zuerst in ein Gemisch von gleichen Volumen Alkohol, Bergamottöl und aus diesem in reines Bergamottöl zu übertragen. Um bei der Durchtränkung heiklicher Objecte das Paraffingemisch längere Zeit flüssig zu erhalten, ohne eine Ueberhitzung befürchten zu müssen, welche die Schnittfähigkeit beeinträchtigen würde, wurden verschiedene Paraffinöfen construirt, das sind im Wesentlichen Trockenschränke (vergl. Fig. 141) mit Thermoregulatoren, welche die Heizflamme automatisch so regeln, dass sie stets blos das Paraffin im Schmelzen erhält. Näheres hierüber siehe Zimmermann, Das Mikroskop, Leipzig und Wien, bei Franz Deuticke, 1895, S. 284 ff. Für den Praktiker genügt oben geschildertes Wasserbad (allenfalls unter Controle eines Thermometers), oder es empfiehlt sich das sogenannte Neapeler Paraffinbad, wie es die reichsdeutsche Zoologische Station in Neapel anwendet und wir es in der bei R. Siebert in Wien für circa 40 *K* erhältlichen Ausführung aus vernickeltem Messingblech darstellen. (Fig. 145.) Es hat Raum für vier verschiedene Paraffingemische, fünf Eprouvetten und einen Schlitz zur mässigen Erwärmung von Objectträgern, deren der Mikroskopiker, wie wir weiter unten hören werden, wiederholt bedarf. P. Mayer hat dieses Bad bedeutend verbessert, doch ist diese Vollkommenheit nicht nothwendig, wenn nicht die höchsten wissenschaftlichen Zwecke verfolgt werden. Diese Verbesserung ist beschrieben in der Internat. Monatsschrift für Anat. u. Physiol. 1887, Bd. 4, S. 37, und Zimmermann, S. 285 ff.

Fig. 145.

falle kann man aber mit einem Messer nachhelfen. Da das Paraffin, wie oben erwähnt, durchscheinend ist, kann man sich, wenn man das gegossene, das Object enthaltende Paraffinprisma gegen das Licht hält, leicht über die Lage des ersteren im letzteren orientiren. Hat man sich orientirt, so schneidet man mit einem scharfen Federmesser von dem Paraffinprisma, an dessen einen kleineren Fläche das Präparat liegt, wie Fig. 146 versinnbildlicht (*A B C D E F G H* ist das Prisma aus Paraffin, an der Seite *C D G H* liegt bei *Ob* das Object eingebettet), so viel weg, dass eine Pyramide mit abgestumpfter Spitze entsteht, wie Fig. 147 zeigt. *A B C* sind die vom ursprünglichen Prisma übriggebliebenen Ecken, *Ob* ist wieder das Object. Die Pyramide stutzt man so weit ab, dass das Object schon durchschimmert, dann ebnet man die Schnittfläche mit einem Rasirmesser und schneidet unter Befeuchtung des Messers mit dem Messer Fig. 132 *b* weiter. Die Befeuchtung geschieht am besten mit Terpentinöl, da die Schnitte dann ohnedies in eine Schale mit Terpentingeist kommen, um sie vom Paraffin frei zu machen. Solche zur Aufnahme von Schnitten bestimmte Schalen und Dosen mit Glasdeckel sind in diversen Grössen bei Siebert u. a. m. Handlungen für den pharmaceutischen Bedarf zu haben, ebenso beim Glasermeister Tichy in der Alserstrasse. Fig. 148 stellt eine solche staubdicht verschliessbare Glasdose, wie man sie bei Siebert erhält, vor. Grössere derlei Dosen können auch mit Vortheil zur Aufnahme von Härtungsflüssigkeiten dienen, in welchen dann die zu härtenden

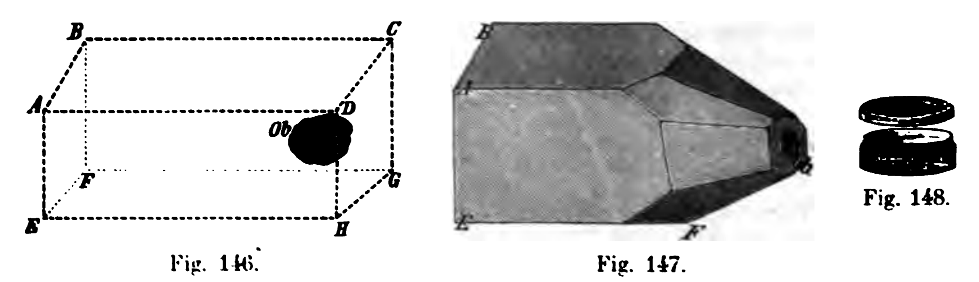


Fig. 146. Fig. 147. Fig. 148.

Objecte vor Staub geschützt bleiben. Schutz vor Verunreinigung ist jedoch eine wichtige Bedingung jeder exacten mikroskopischen Präparation!

Die eben betrachtete Paraffineinbettung hat aber nicht nur ihre Lichtseiten, sondern auch Schattenseiten. Diese sind: Ungleichmässige Härte je nach der Zimmertemperatur; das Paraffin ist im Sommer an heissen Tagen gar zu weich, im Winter zu hart, ferner dessen Tendenz zum Bröseln, welche viel Unsauberkeit verursacht. Diesen beiden Uebelständen hilft man ab durch Mischungen aus geschmolzenem Wachs und Oel oder Wachs, Stearin und Oel. Man nimmt feinstes, raffinirtes Bienenwachs und reines Olivenöl. Je mehr Oel, desto weicher wird das Präparat sein müssen, um der Härte des Einbettungsmittels adäquat zu sein, was ja der Fall sein soll, wenn die Schnitte sicher durch Einbettungsmittel und Präparat dringen sollen.

Auch leuchtet ein, dass man im Sommer mehr Wachs, im Winter mehr Oel nehmen wird, um eine brauchbare Masse zu erhalten. Eine treffliche Einbettungsmasse erhält man übrigens bei Siebert, welcher auch zwei Sorten Paraffin führt, eine Sorte, die bei 42 bis 43° Celsius flüssig zu werden beginnt (weiche Sorte, für weichere Objecte und im Winter anzuwenden), und eine härtere, erst bei 55 bis 57° Celsius sich verflüssigende Sorte (für härtere Objecte, respective im Sommer anzuwenden).[1]

[1] Man kann dem härteren Paraffin, damit die angefertigten Schnitte nicht so eine [illegible] lästige Neigung, sich aufzurollen, zeigen, etwa ⅓ Volumtheil [illegible] setzen. Dieses ist eine wachsartige gelbe Masse, welche man erhält,

Uebrigens theilen wir im Nachstehenden einige Recepte zur Herstellung weiterer fetthältiger Einbettungen mit:

Man schmelze im Wasserbad[1]) nachstehende Körper zusammen:

Wachs	1000	Gewichtstheile
Olivenöl	500	"
Schmalz	500	"

oder:

Paraffin	500	"
Wallrath	200	"
Ungesalzenes Schweineschmalz	100	"

oder:

2 Theile Wallrath
1 Theil Ol. Bergamottae.

Auch gleiche Theile Ceresin und Oel sollen gute Dienste leisten.

Bei allen diesen Einbettungsmassen müssen die einzubettenden Objecte unter allen Umständen in Alkohol gehärtet sein und sollen mit Terpentingeist geschnitten werden. Vollkommene Wasserfreiheit ist eine Hauptsache, sollen die Schnitte gelingen.

Wo man es also mit Präparaten zu thun hat, in denen Bestandtheile sind, welche bei der Wasserentziehung leiden würden, kann man diese fetten Einbettungsmassen nicht anwenden, man nimmt dann mit Vortheil wässerige Massen. Eine solche haben wir, wenigstens soweit sie bei der Einbettung ganz kleiner Objecte zur Anwendung kommt, bereits oben beschrieben; für grössere Objecte empfiehlt sich dagegen nachstehende im k. k. physiologischen Institute in Wien geübte und bewährte Methode:

Man macht sich eine Lösung aus gleichen Theilen Gummi arabic. electiss. und Wasser, so dass man einen Mucilago von Honigconsistenz erhält.

Dazu kommt etwas Syrupus simplex (etwa $^1/_{20}$ Volumen) und einige Tropfen Glycerin; auch setze man 4 bis 5 Tropfen Phenol zu. Wenn Alles gut durcheinander gerührt ist, erhitzt man noch etwas im Wasserbade, bis die durch das Verrühren entstandenen Luftblasen an die Oberfläche steigen, und lässt das Gemenge stehen, bis es (nach 2 bis 3 Tagen) ganz blasenfrei ist. Dabei ist es noch dicker als Honig geworden und kann nun zur Einbettung verwendet werden. Man verfährt nun so: Man giesst die Lösung vorsichtig in eine Papierdüte („Skarnitzel") und bringt das in einer wässerigen Flüssigkeit (also Müller'sche Flüssigkeit, Chromsäurelösung, Lösung von kohlensaurem Kali u. dergl.) gehärtete Object, welches man schon vorher auf eine Stunde in dünnen Mucilago gummi arab. gelegt hatte, in die dicke Gummilösung. Sollte das Object in der Lösung ganz zu Boden sinken wollen, so befestigt man an demselben durch Durchfädeln und Knotenmachen einen Faden, mit welchem man das Object in der gewünschten, von der Spitze des Kegels, den die Papierdüte bildet, nicht zu weit entfernten Lage befestigt. Dann bringt man die ganze Papierdüte in Alkohol (95%), wo sie mindestens 36 Stunden verbleiben muss; der Alkohol härtet die Gummilösung. Nach zwei Tagen löst man die Papierdüte von dem festgewordenen Gummikegel ab und sieht vermöge der Transparenz das zu schneidende Object in der Einbettungsmasse liegen, so dass man Schnitte in allen Richtungen davon nehmen kann.

---

wenn man gewöhnliches Handelsparaffin in offener Schale 1 bis 6 Stunden erhitzt, bis es übelriechende weisse Dämpfe entwickelt. Dieses Paraffin ist von Dr. Grübler in Leipzig in den Handel gebracht worden und kostet das Kilo bei R. Siebert in Wien *K* 8.50.

[1]) Das Wasserbad kann einfach aus einem kleinen gusseisernen Topfe, der zur Hälfte mit Wasser gefüllt wird, und einem hineingestellten hohen Porzellankaffeetopf improvisirt werden. Das Ganze kommt auf einen Herd oder auf einen Dreifuss, unter welchem eine Flamme brennt.

Dass die Schnitte in einer Schale mit warmem destillirten Wasser aufgefangen und dadurch vom anhaftenden Gummi befreit werden müssen, versteht sich von selbst. Geschnitten wird unter Befeuchtung des Rasirmessers mit Wasser.

Neuerer Zeit wendet man statt des theueren Mucilago gummi arabic. Glycerinleimgemische (Glyceringelatine), welche auch den Vortheil der Transparenz haben, an, und man kann in diesen sowohl gut abgetrocknete und in Leimwasser eingeweichte Alkohol- als auch in wässerigen Lösungen gehärtete Präparate einbetten, was ein grosser Vortheil ist.

Auch lässt sich Leim, namentlich Glyceringelatine, besser schneiden, während Gummi in dicken Schichten die Rasirmesser auf eine harte Probe stellt.

Nach Klebs bereitet man die (übrigens bei Siebert fertig erhältliche) Glyceringelatine, die wir, wie wir später sehen werden, auch bei Anfertigung von Dauerpräparaten als Einschlussmittel brauchen, folgendermassen:

100 *gr* feinste, gut abgewaschene Gelatine lässt man in Aqu. destill. aufquellen, giesst das Wasser ab, so dass nur an der gequollenen Gelatine noch Wasser anhängt, und gibt unter gelindem Erwärmen im Wasserbade 100 *gr* Glycerin hinzu, welches man vorher durch Zusatz einiger Tropfen Phenol zu einem Antisepticum gemacht hat, um den Leim am Schimmeln zu verhindern.

Diese Masse erstarrt bei Zimmertemperatur zu einer weichen Gallerte und wäre so nicht schnittfähig. Deshalb giesst man (Fig. 149) in einen Porzellan- oder Steinguttopf entsprechender Grösse Alkohol von 95% und bringt die durch Erwärmen verflüssigte Glyceringelatine in einer Papierdüte bis unter das Niveau des Alkohols *a*. Die Leimmasse hat dann ihr Niveau in *n*. Man legt vorher das Object in die noch heisse Lösung ein, und damit es die richtige Lage erhalte, zieht man mit einer Nadel den Faden *f* durch das Object *ob*, so dass das letztere an dem Knoten *kn* hängen bleibt. Den Faden wickelt man bei *u* um ein Stäbchen *st* und legt dieses über den Rand des Topfes *T*. Geschnitten wird mit Wasser.

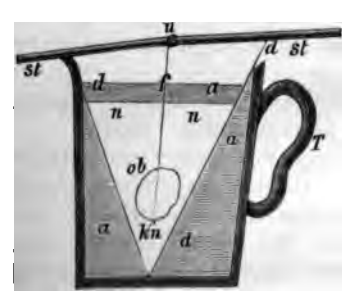


Fig. 149.

Die in der Fig. 149 versinnlichte Veranstaltung ist natürlich auch für die kurz vorher beschriebene Gummieinbettung zu verwenden.

Aber auch die Glycerinleimeinbettung leidet an dem Uebelstande, dass die Masse beim Erstarren im Alkohol stark schrumpft.

Deshalb hat man eine indifferentere Masse aus 15 Theilen Hühnereiweiss und 1 Theil einer 10%igen Lösung von kohlensaurem Natron in Wasser, welche man mit der zugehörigen Dottermasse schüttelt und dann in ein Papierkästchen bringt, ersonnen. In dieses kommt das Object, welches sowohl in alkoholischen als wässerigen Härtungsflüssigkeiten gehärtet sein kann. Das Ganze stellt man in eine mit 80%igem Alkohol gefüllte, auf einem Wasserbade stehende Schale. Bei Erwärmung des Alkohols auf 75° tritt in ner halben Stunde die Erstarrung der Masse ein, doch ist die Masse noch cht schnittfähig, sie muss noch nach Abziehen des Papierkästchens Stunden in 90%igem Alkohol liegen, bis sie schnittfähig wird. Geschnitten rird mit Wasser, und man kann in dieser Masse sehr zarte Schnitte erhalten. Das Loslösen der Masse von dem Schnitte muss hier mittelst eines Pinsels, der mit Wasser befeuchtet ist, geschehen. Eine ähnliche Masse aus Hühnereiweiss und Talg, die Bunge angab, findet man bei Frey, „Das Mikroskop“, angeführt. Diese Eiweissmassen sind aber alle undurchsichtig, was ein grosser

Uebelstand ist, und so ist es vortheilhafter, Transparentseife, welche fast glashell ist, als Einbettungsmittel zu verwenden; überdies schrumpft die Seife nur wenig und lässt es ebenso gut zu, in Alkohol, wie in wässerigen Härtungsflüssigkeiten gehärtete Gegenstände einzubetten.

Man löst nach Flemming gewöhnliche durchsichtige Glycerinseife in $^1/_2$ bis $^1/_3$ Alkohol des Volumens der Seife (welches man an prismatischen Stücken mit dem Centimetermasse messen kann) im Wasserbade auf, bringt das Object hinein und lässt das Ganze 1 bis 3 Tage (je nach dem Quantum und dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft) ruhig im Schatten stehen, bis es erstarrt ist. Man sieht in der durchsichtigen Masse das Object sehr gut, schneidet unter steter Befeuchtung mit Wasser und spült die Schnitte in erwärmtem Wasser von der anhaftenden Seife ab.

Kadyi hat eine Seifenmasse angegeben, die man sich aus gewöhnlicher weisser Waschseife (Kernseife) bereiten kann und die dennoch transparent ist. Man schabt zu diesem Behufe 25 *gr* trockene Waschseife in einen Porzellantopf hinein und übergiesst sie mit 100 *gr* sehr starkem Alkohol. Auch der käufliche denaturirte Spiritus ist hiezu zu verwenden. Diese Mischung wird dann vorsichtig im Wasserbade bis zum Kochen erhitzt, indem man den Porzellantopf in einen eisernen Topf, der circa 3 *cm* hoch mit Wasser gefüllt ist und seine Wärme nicht von offener Flamme, sondern von einer erhitzten Herdplatte erhält, hineinstellt. Man muss die Masse umrühren, bis nicht ein Stückchen Seife ungelöst geblieben ist. Sowie die ganze Seife gelöst ist, beginnt man unter Fortsetzung des Umrührens tropfenweise aus einer Spritzflasche destillirtes Wasser zuzusetzen. Dabei entnimmt man mit dem Glasstab, den man zum Umrühren verwendet, Proben der heissen Masse, die man auf einen Objectträger auftropft. Man darf nämlich mit dem Zusetzen des Wassers erst dann aufhören, bis die erstarrten Tropfen transparent bleiben. Diese Seifenmasse wird zum Gebrauche auf 40° C. erwärmt und um das einzubettende Object, welches in einem Kästchen (siehe oben) sich befindet, herumgegossen. Die einzubettenden Objecte können sowohl in Alkohol als in wässerigen Härtungsflüssigkeiten ihre Consistenz erhalten haben, nur müssen sie vor der Einbettung circa 12 bis 24 Stunden in einer Lösung von obiger Einbettungsmasse in so viel Wasser, dass das Ganze auch bei 20° C. noch nicht erstarrt, liegen, um sich mit der Seifenmasse in allen Poren zu durchtränken. Diese verdünnte Seifenmasse hält man sich vorräthig. Beim Schneiden ist es sehr zu empfehlen, den nach Art des in Fig. 147 (pag. 206) abgebildeten Paraffinblockes zugerichteten Seifenblock auf einem entsprechend grossen Stück Kork oder Pantoffelholz aufzukleben. Zu diesem Behufe tropft man recht dickes Collodium auf den Kork und drückt eine flache Seite des Seifenblockes darauf, worauf der Seifenblock nach wenigen Minuten auf dem Korke fest haftet und sich das Ganze gut halten lässt. Natürlich orientirt man vor dem Aufkleben des Objectes dieses hinsichtlich der gewünschten Schnittrichtung.

Im Jahre 1889 wurde durch P. Schiefferdecker ein ebenfalls fast durchsichtiger Körper, der aber recht theuer ist (bei Siebert kostet eine Tafel à 200 *gr* 4.20 *K*) als Einbettungsmittel empfohlen, nämlich das Celloidin.

Wenn Dr. Friedländer das Celloidin als „die vorzüglichste Einbettungsmasse" bezeichnet, so ist ihm zu entgegnen, dass es nur in Alkohol gehärtete Objecte zulässt, und dass diese Objecte nichts in Alkohol und Aether Lösliches, also z. B. kein Fett enthalten dürfen, was doch gewiss die Anwendung der so kostspieligen Masse noch mehr einschränken muss. Zu bemerken ist, dass das Celloidin, welches in Platten in den Handel kommt, in einem Gemisch von Alkohol und Aether sich zu einer honigdicken Flüssigkeit löst; in diese Flüssigkeit legt man das einzubettende Object, bis es von der Celloidinlösung

Schneiden wird das Messer schief gegen die Schnittebene gehalten und Messer und Schnittfläche mit 70%igem Spiritus benetzt. Die Schnitte können nun sammt dem Celloidin weiter behandelt werden.*) Zum Aufhellen bedient man sich des Origanumöles, weil Nelkenöl die Schnitte durch Auflösung des Celloidins erweicht und zerreisslich macht. Nur bei dem später zu besprechenden Färben der Schnitte mit Anilinfarbstoffen muss man, da Anilinfarben das Celloidin färben, dasselbe mit Nelkenöl oder Alkoholäthermischung entfernen. In diesem Falle muss man, um die Zerreisslichkeit der Schnitte zu paralysiren, diese auf einem Objectträger aufkleben. Das Aufkleben kann auch den Zweck haben, ganze Reihen von Schnitten desselben Objectes, z. B. eines Wurmes vom Kopfende bis zum Schwanz, auf dem Objectträger zu ordnen, respective geordnet zu erhalten (Schnittserie, respective Serienschnitte). Insoferne klebt man auch Seifen-, Gummi- und Paraffinschnitte auf. Seifenschnitte haften am Glase, wenn man einen Tropfen destillirtes Wasser auf den sehr gut gereinigten Objectträger bringt, den Schnitt oder die Schnitte auf den Tropfen legt und nun bei 35° C. den Wassertropfen verdunsten lässt. Dies kann sehr bequem im Trockenschranke oder im Schlitzraume des Neapeler Paraffinbades geschehen. Nach zwei Stunden wäscht man vorsichtig den Seifenrest, der im Schnitte verblieben ist, mit 50%igem Alkohol aus. Paraffinschnitte kann man ähnlich befestigen, doch nimmt man statt des Wassertropfens 50%igen Alkohol. Erst nach Abdampfen dieses Alkoholtropfens bei 30° C. schreitet man dazu, das Paraffin aus den Schnitten durch Auswaschen in Terpentin, Toluol, Xylol, Bergamottöl etc. zu entfernen. Die Schnitte ertragen dies nun ohne Gefahr des Zerreissens oder Herausfallens lockerer Zellelemente. Gummi- und Gelatinschnitte kann man ebenso wie die durch Nelkenöl oder Alkoholäther vom Celloidin befreiten Celloidinschnitte mittelst Collodium**) aufkleben. Der gut gereinigte Objectträger wird mit Collodium übergossen, bis sich ein Häutchen gebildet hat. Die zuletzt in 96%igem Alkohol untergetaucht gewesenen Schnitte ordnet man in der Weise, wie sie liegen bleiben sollen, auf dem Objectträger, lässt den Alkohol verdunsten und bringt das Ganze in eine Schale, auf deren Boden Aether gegossen wurde, worauf man sie mit Deckel oder Glassturz bedeckt. In kurzer Zeit erweicht der Aetherdampf das Collodium, und die Schnitte haften fest am Glase. Paraffinschnitte klebt man wohl auch nach P. Mayer (Neapeler zoologische Station) mit Eiweissglycerin auf. 50 *ccm* Hühnereiweiss, 50 *ccm* Glycerin und 1 *gr* Natr. salicyl. werden gut gemischt, heftig geschüttelt und rasch durch Filterpapier filtrirt. Ein stecknadelkopfgrosses Tröpfchen der viele Monate haltbaren Lösung wird auf dem Objectträger in feinster Schicht mit gereinigter Fingerspitze verrieben und mit einem Pinsel der Paraffinschnitt angedrückt. Man erhitzt dann bis zum Schmelzen des Paraffins, worauf das Eiweiss gerinnt und der Schnitt haftet. Man kann dann in bekannter Weise die Paraffin-Einbettungsmasse aus den Schnitten entfernen und mit den auf dem Objectträger fixirten Objecte alle (später zu besprechenden) Proceduren vornehmen, ohne ein Zerreissen des Schnittes befürchten zu müssen.

Vor dem Schneiden orientirt man die Objecte und das Messer so, wie man es braucht. Ich setze voraus, dass die Praktiker, für die dieser Leitfaden hauptsächlich bestimmt ist, wissen, was ein Sagittal-, was ein Median-, was ein Tangential- und was ein Radialschnitt ist. Entsprechend der zu erzielenden Schnittrichtung muss eben die Orientirung erfolgen. Bei Stengeln,

*) Neuestens verwendet man statt des Celloidins das ähnlich zu behandelnde durchsichtigere Photoxylin. Dasselbe ist sehr theuer, 30 *gr* kosten circa 8 *K*!

**) Zum Anheften von Celloidinpräparaten kommt ein eigenes Klebmittel in den Handel, sogenanntes Stabilit. Das Kilo kostet bei Siebert 6.50 *K*, geschnitten per 100 Stück um 8 *K* mehr.

Würmern u. dergl. vorzugsweise nach einer Dimension hin sich erstreckenden Objecten ist der Ausdruck Querschnitt (senkrecht auf die Längsaxe gerichtete Schnittfläche) und Längsschnitt (parallel zur Längsaxe) am verständlichsten. Der letztere kann nun wieder ein Mittenschnitt (Radialschnitt) oder ein Randschnitt (Tangentialschnitt) sein. Zur Axe nicht senkrechte Querschnitte geben falsche Bilder, weil alle Cylinderquerschnitte elliptisch ausfallen und andere Zerrbilder auftreten. Man achte also diesfalls stets auf genaue Orientirung. Bei einem kugelrunden Objecte, z. B. einer Erbse, können die verschiedensten Schnitte geführt werden, ohne Zerrbilder zu geben.

Wir haben nun das Allgemeine über die Schnittmethoden abgehandelt, und wird es Sache des Lesers sein, sich im Schneiden zu üben. Als Uebungsobjecte empfehlen wir allerlei Blätter, Stengel, Haare, und zur Härtung insbesondere Regenwürmer,[1]) Blutegel u. dergl. und gehen zum Schneiden mit Mikrotomen über.

II. Die Mikrotome.

§ 73. Das Schneiden aus freier Hand erfordert eine grosse Uebung und eine grosse Portion Geduld. Beides muss der Mikroskopiker besitzen, und daher kommt es, dass sich manche Fachmikroskopiker bis in das letzte Jahrzehnt nicht recht mit den Mikrotomen befreunden konnten. Diese Abneigung gegen ein für sie überflüssiges Hilfsmittel, welches ihnen so vorkam, als ob man einem Menschen mit geraden Gliedern durchaus eine Krücke aufnöthigen wollte, bewirkte aber nur, dass sich nunmehr alle Instrumentenmacher bemühten, dieses Instrument so zu vervollkommnen, dass es wirklich aufhörte ein Hilfsmittel für ungeübte Hände zu sein, ja dass es die besten Leistungen der berühmtesten Präparatoren, welche mit dem Rasirmesser aus freier Hand schnitten, übertraf, und zwar nicht nur an Gleichmässigkeit, sondern auch an Feinheit und Ausdehnung der Schnitte. Ueberdies kamen die bereits oben definirten „Serienschnitte“ auf, und so vermochte man trotz allen Vorurtheils die Verbreitung der Mikrotome in wissenschaftlichen Instituten nicht mehr zu hindern.

Zuerst verfertigte man sogenannte Handmikrotome, das heisst Vorrichtungen, bei denen der zu schneidende Gegenstand mittelst eines Mikrometerschraubengewindes über eine Ebene successive gehoben wurde, während man aus freier Hand mit dem Rasirmesser — die Ebene als Führung benützend — den zu schneidenden Körper zertheilte. Wir werden sehen, dass dieses Princip noch heute fast in der ursprünglichen Form zur Anwendung kommt. Ein anderes Princip war jenes von Rivet, bei welchem die Hebung des Objectes durch Verschieben auf einer schiefen Ebene (Objectschlitten) stattfand. Harting und viele nachfolgende Mikroskopiker hielten von diesen und auch vielen modernen Mikrotomen nicht viel, doch scheint Harting von jenen Mikrotomen, „bei denen das Messer nicht wie hier lose in der Hand gehalten, sondern auf mechanische Weise oder wenigstens durch einen verschiebbaren Rahmen bewegt wird“, bessere Resultate erwartet zu haben. Ein solches Mikrotom mit mechanischer Messerführung, ähnlich jener der gewöhnlichen Häckselschneidmaschinen, stellte zuerst der Engländer Queckett her. Später folgten Oschatz

---

[1]) Regenwürmer (vergl. H. Blücher: „Der praktische Mikroskopiker“, Leipzig 1898) enthalten oft viele Quarz-Sandkörner in ihrer Leibessubstanz, und diese Quarzpartikelchen schädigen beim Führen der Schnitte die Messerklingen. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, bringe man die zu verarbeitenden Regenwürmer lebend auf drei bis vier Tage in ein Gefäss mit Kaffeesudsatz. Die Würmer geben die Erde ab und nehmen den der Klinge ungefährlichen Kaffeesudsatz in sich auf. Gehärtet wird in Alkohol, geschnitten in Seife oder Celloidin (Photoxylin).

in Breslau, dann Welcker, endlich Rivet nach, und doch vermochten sich die meisten deutschen Mikroskopiker nicht dazu zu entschliessen, der Erfindung des Mikrotoms Anerkennung zu spenden. Namentlich die Botaniker, für welche eigentlich das Mikrotom ursprünglich bestimmt war, liessen an demselben kein gutes Haar, und Dippel, sowie Bachmann sprachen demselben sogar noch Ende der Siebziger-Jahre jede Zukunft selbst für den Fall ab, als sie verbessert würden, da dann der hohe Preis ihrer Verbreitung entgegenstehen würde. Dagegen haben gerade die Thierhistologen, und namentlich die Pathologen und Embryologen sich des Mikrotoms in allen seinen Gestalten sehr bald angenommen, und ihnen ist es auch zu verdanken, dass die Rivet'schen Mikrotome von Schanze in Leipzig, Dr. Long in Breslau u. A. m. verbessert und dadurch popularisirt wurden.

Wir werden später die wichtigsten modernen Mikrotom-Constructionen kennen lernen; hier genügt es, wenn wir uns merken, dass alle Mikrotome in zwei grosse Gruppen sich theilen: In solche ohne mechanische Messerführung, auch Handmikrotome genannt, und solche mit mechanischer Messerführung, „Mikrotome" kurzweg geheissen. Es gibt aber bei den Mikrotomen auch noch solche, bei denen beim Schneiden nicht das Messer bewegt wird, sondern das Object, während das Messer feststeht, und ausser Instrumenten mit der gewöhnlichen mechanischen Messerführung gibt es solche, bei welchen nicht nur die Führung mechanisch, das heisst nicht aus freier Hand erfolgt, sondern auch die Bewegung mittelst mechanischen Antriebes, z. B. Kurbel. Bei den Mikrotomen, bei welchen das Object gegen das Messer bewegt wird, ist die Bewegung stets eine solche mit Kurbelantrieb.

Die Mikrotome beruhen, wie wir bereits erwähnt haben, sämmtliche darauf, dass das zu schneidende Object irgendwie, sei es mit oder ohne Einbettung festgehalten und mittelst einer mechanischen Vorrichtung um Bruchtheile eines Millimeters gehoben oder aber dass die Führungsfläche des Messers oder das Messer selbst unter die Schnittfläche gesenkt wird, sobald man einen Schnitt abgenommen hat. Schneidet man dabei mit freier Hand unter Führung auf einer ebenen Fläche, auf die man das Messer anhält, so nennt man ein solches Mikrotom ein Handmikrotom. Tritt aber noch ein mechanisch geleitetes Messer hinzu, so hat man die eigentlichen kurzweg „Mikrotom" genannten Schneidemaschinen vor sich. Bei diesen letzteren geschieht die Führung des Messers meist durch eine Schlittenvorrichtung (Messerschlitten), weshalb man sie „Schlittenmikrotome" zu nennen pflegt, auch wenn die Hebung des Objectes nicht mittelst Objectschlittens geschieht. Im Gegensatz hiezu stehen die Spitzenmikrotome, die besonders Gebrüder Fromme in Wien, IX., Universitätsstrasse 12 und III., Hainburgerstrasse 21 nach eigenem Patent herstellen. Ganz eigenartige Bewegung hat ein vor einiger Zeit mir von Fritz Ebeling in Wien gezeigtes Mikrotom, bei welchem das Object feststeht, dagegen das Messer auf drei Schraubenfüssen gegen das Object gesenkt wird und sich auf diesen drei mit Elfenbeinspitzen versehenen Füssen leicht und in jeder Richtung auf einer Glasplatte gegen das Object orientiren und mit der Hand bewegen lässt.

A. Handmikrotome.

Bei den Handmikrotomen erfolgt die Hebung des Objectes, welches geschnitten werden soll, über eine als Führung für das mit freier Hand gehaltene Messer dienende Platte mittelst einer Mikrometerschraube,[1]) oder

[1]) Ein sehr hübsches Beispiel, wie ein Handmikrotom wirkt, gibt uns die Natur selbst. Rasirt man sich nämlich z. B. das Kinn und rasirt nach einigen Stunden wieder, so erhält man viele und schöne Haarquerschnitte aus dem Seifenschaum. Das Wachsthum ist hier

es wird eine Führung, die das Object umgibt, gesenkt. Dabei ist es zweckmässig, wenn man die Vorrichtung, um beide Hände frei zu haben, mittelst einer Schraubenzwinge an die Tischplatte des Arbeitstisches anschrauben kann. Dies ist bei dem in Fig. 150 abgebildeten Handmikrotome, wie solches bei Merker sowohl als bei Ebeling in Wien zu haben ist, vorgesehen.

Man sieht, dass der Apparat aus einer Hülse besteht, in der eine Mikrometerschraube angebracht ist, welche beim Umdrehen einen das Object — welches hier in einer Einbettungsmasse im kleineren Cylinder eingeschlossen ist — vor sich herbewegenden Stempel hebt.

Man bettet in diesem Falle in der Weise ein, dass man den Stempel entsprechend zurückschraubt und den dadurch entstandenen cylindrischen Raum als Einbettungskästchen benützt. Dreht man dann an der Schraube, so hebt sich der aus Paraffin oder einer sonstigen Einbettungsmasse bestehende Klotz mit dem Objecte und es wird geschnitten.

Bei einzelnen Firmen hat die Mikrometerschraube eine Theilung am Rande, so dass man die Dicke der Schnitte nach dem mikrometrischen Princip direct vorherbestimmen kann.

Die Schraube rechts am Mikrotom in Fig. 150 dient zum Anschrauben an den Arbeitstisch. Reichert fertigt solche Handmikrotome ohne Schrauben-

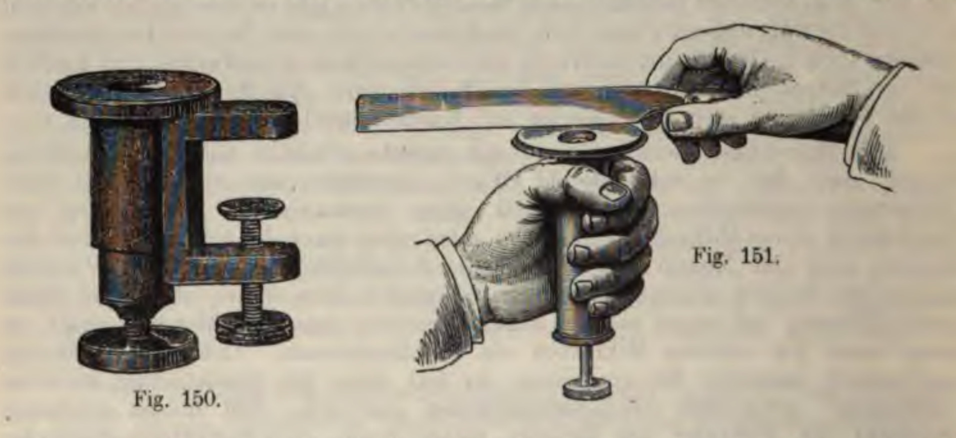


Fig. 150. Fig. 151.

zwinge an, die man in die linke Hand nimmt und mit der rechten mit dem Messer die Schnitte führt (Fig. 151), was den Vortheil hat, dass man selbes leicht in Gesichtshöhe bringen kann; Weitsichtige thun aber besser daran, das Mikrotom an den Tisch zu schrauben, und gibt auch Reichert auf Wunsch eine Schraubenzwinge bei.

Aber auch für solche Fälle, in denen man, wie oben (pag. 203) erwähnt, das Object zwischen zwei Korkstöpselhälften oder zwei Hälften eines Hollundermarkstängelchens (bei härteren Körpern zwischen zwei Hälften eines entsprechend ausgeraspelten Cylinders von Pappel- oder Lindenholz) zu bringen hat, gibt es Mikrotome zum Handgebrauch. Sowohl Reichert als Merker und Ebeling in Wien haben solche in ihren Preiscouranten.

Fig. 152 und 153 zeigen ein solches. *r* ist ein Messingcylinder, in welchem der Hebel *b* das Hollundermark u. dergl. *c*, zwischen welchem das Object befindlich ist, gegen die innere Wand des Cylinders andrückt, wenn man den excentrischen Ring *a—a* (Fig. 154) dreht. Das Messer gleitet auf der Führung *f*, welche mit Eintheilung versehen ist. Hiebei wird also

das, was die Mikrometerbewegung beim Mikrotom, die Kinnoberfläche die Führungsplatte desselben. (H. Blücher, „Der praktische Mikroskopiker", Leipzig 1898, Verlag von Dr. Oscar Schneider.)

nicht das zu schneidende Object über die Führung, sondern die Führung über das Object gehoben.

Mittelst der Theilung am Rande der Führungsschraube kann man die Dicke der Schnitte vorausbestimmen.

Auch für die Gefriermethode hat man Handmikrotome construirt. Sie kamen in England und Amerika unter dem Namen Cathcart-Mikrotome



Fig. 152. Fig. 153. Fig. 154.

sehr in Aufnahme, insbesondere da sie auch zur Anwendung der Paraffinmethode geeignet waren, sobald man einen Einsatz für Paraffineinbettung dazugab. Der Erfinder dieser Gefriermikrotome hiess C. W. Cathcart, daher der Name.

Reichert in Wien hat früher nur seine Schlittenmikrotome mit mechanischer Messerführung mit Gefrierapparat versehen, da aber die beim mechanischen Mikrotom gebräuchlichen grossen und breiten Messer sich nicht leicht ohne bedeutende Mehrauslage aus so hartem Stahl anfertigen lassen, damit selbe beim Schneiden von Eis nicht zu sehr leiden, da ferner das oftmalige Abziehen des auf dem Mikrotomschlitten festgeschraubten Messers bei den später zu beschreibenden Schlittenmikrotomen zu viel Schwierigkeiten bietet, verweist Reichert die Gefriermethode hauptsächlich auf die fast ganz nach Art des Cathcart-Mikrotoms gebauten Handmikrotome.

Fig. 155 zeigt uns ein solches Gefriermikrotom. Bei diesen Gefriermikrotomen wird das Anfrieren dadurch bewirkt, dass das Object auf eine Metallplatte kommt, auf deren unterer Fläche mittelst eines sogenannten „Sprays“ gewöhnlicher Aether (Schwefeläther) zerstäubt wird. Dieser fein zerstäubte Aether kühlt durch Wärmeentziehung die Metallplatte während seiner raschen Verdunstung ab, wodurch das zu schneidende Object an die Platte anfriert. Seltener sind Mikrotome, bei denen das Gefrieren mittelst comprimirter, jetzt vielfach zu industriellen Zwecken in Stahlcylindern aufgespeichert erhältlicher Kohlensäure bewirkt wird, weshalb wir die letzteren hier übergehen. In Fig. 155 ist unter der Metallplatte *e* der Cylinder, in welchem die Zerstäubung des aus dem Glase *i* durch den Schlauch *f* angesogenen Aethers



Fig. 155.

nach dem Principe des sogenannten pneumatischen oder aërostatischen Paradoxons vor sich geht, zu sehen. Auf diesem befindet sich die Metallplatte *e* und auf dieser das Object. Die zum Zerstäuben des Aethers nothwendige comprimirte Luft liefert ein Kautschukgebläse *g* mit einem Blaseballon und einem Windkesselballon, aus welchem die Luft in starkem constanten Strome in dem Gefrierkörper aus einem feinen Röhrchen ausströmt und dabei den aus dem Gläschen *i* angesogenen („aspirirten") Aether zerstäubt. Manche Gefrierapparate haben noch am Gefrierkörper ein Abflussrohr, aus welchem der überschüssige, nicht verdunstete Aether in einem Gefässe wieder aufgefangen werden kann.

Die zum Heben des Objectes dienende Mikrometerschraube *b* wirkt auf den Gefrierkörper, welchen es sammt dem auf der Platte *e* angefrorenen Objecte hebt. Als Messer verwendet Reichert eine hobelartige[1]) Klinge *a*, welche aus freier Hand auf den Schienen *h—h'* geführt wird und einen Schnitt von dem Objecte in der Dicke abnimmt, in welcher die Oberfläche des Objectes *o* über die Oberfläche der Schienen *h—h'* hervorragt, wenn der Hobel *a* gegen das Object geführt wird.

Der ganze Apparat ist in Holz montirt und kann mittelst der Zwinge *c* und der Schraube *d* auf der Platte des Arbeitstisches festgeschraubt werden.

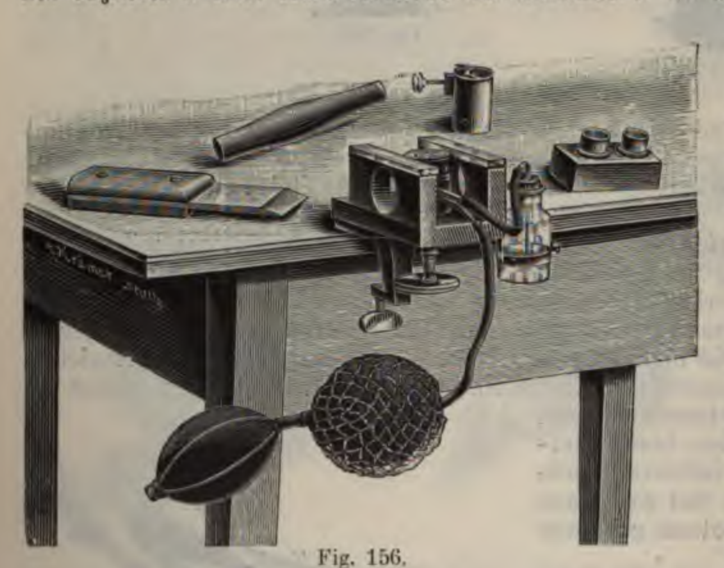


Fig. 156.

Fig. 156 zeigt uns ein solches Cathcart-Mikrotom an einem Tische, auf welchem man gleichzeitig die Nebenapparate zur Herstellung der Paraffineinbettung sieht, angeschraubt. Ganz rechts sind die zwei Gussformen für die Paraffineinbettung in Cylinderform. Die cylinderförmigen Paraffinblöcke werden mit dem vor dem Mikrotom liegenden Rundholze aus den Formen hervorgestossen und dann in dem mitten auf dem Tische stehenden Einsatz mittelst der seitlichen Schraube festgeklemmt. Dieser Einsatz kommt dann anstatt des Gefrierkörpers in den Cylinder des Mikrotoms eingesetzt und hebt sich natürlich so wie jener, wenn die Mikrometerschraube eingeschraubt wird. Auch das Hobelmesser liegt links auf dem Tische.

B. Mikrotome mit Messerführung.

I. Schlittenmikrotome.

Man hatte allerlei Messerführungen an Apparaten, welche ganz nach Art geschilderter Handmikrotome construirt waren, angebracht, indem man die Messerführung bald wie bei einem Krauthobel einrichtete, bald wieder nach einer Häckselschneidebank.

[1]) Vergl. oben § 72, pag. 195.

Ersteres Princip erscheint bei den Mikrotomen der meisten Constructeure seit Rivet fast allgemein durchgeführt; doch hat Rivet überdies die Hebung des zu schneidenden Objectes mittelst eines schiefen Schlittens auf einer schiefen Ebene durchgeführt, so dass man dieselben Schlittenmikrotome im engeren Sinne des Wortes nennen kann. Das letztere Princip der Häckselschneidmaschine wurde seinerzeit durch Oschatz verwerthet, gerieth aber seither in Vergessenheit.

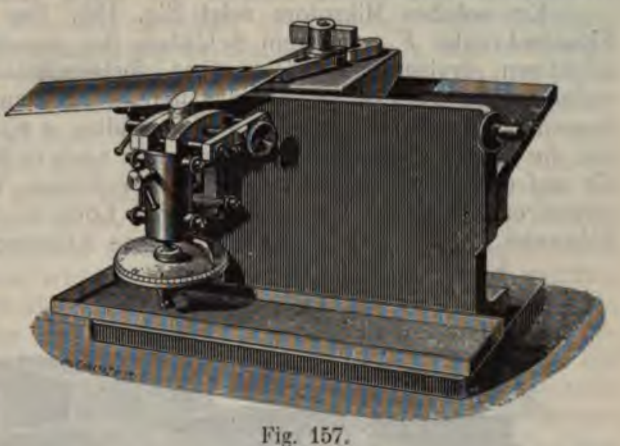


Fig. 157.

Wir können hier überhaupt nicht auf alle sinnreichen Mikrotomconstructionen eingehen, da es deren sehr viele gibt; wir geben in Fig. 157 ein Beispiel eines Schlittenmikrotoms von Merker oder Ebeling, welches sehr gut und dabei billig ist. Man sieht oben das Messer, welches auf einem dreikantigen prismatischen Stücke von Gusseisen in einem Schlitten gleitet; das Object ist in einer allseitig verstellbaren, schraubstockartigen Klammer eingespannt, welche mittelst Mikrometerschraube à la Roberval gehoben wird. An der Scheibe der Mikrometerschraube zeigt eine Theilung Bruchtheile eines Millimeters, um welche das Object gehoben wird, wenn man die Schraube nach jedem Schnitte umdreht.

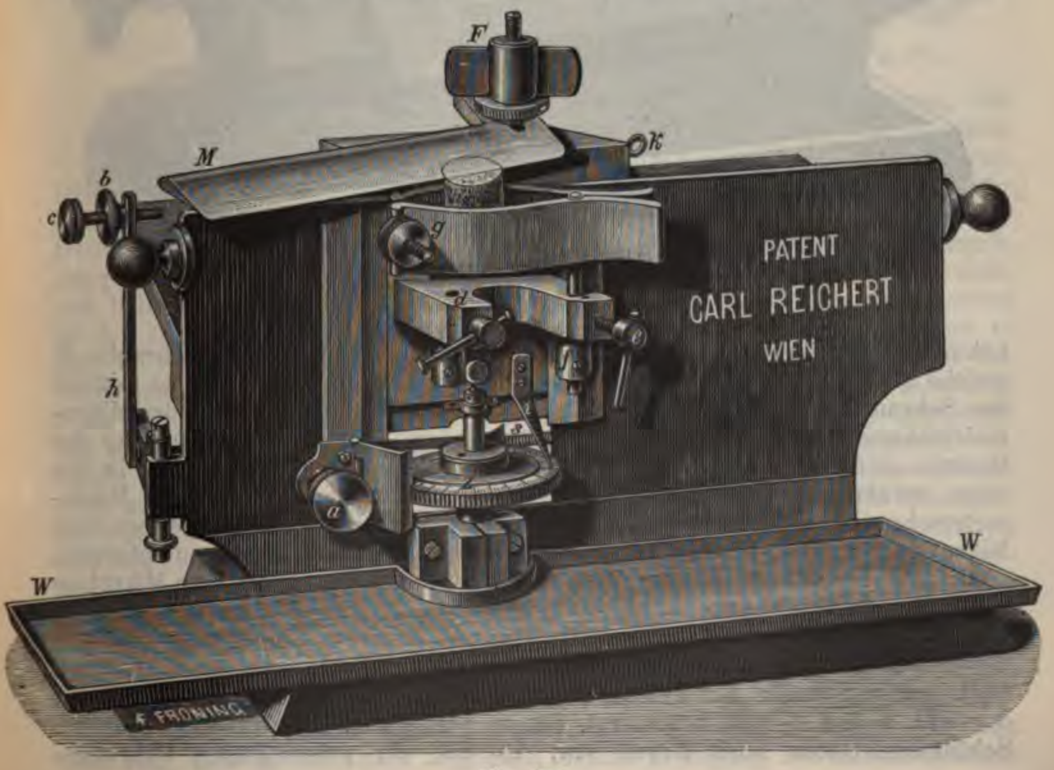


Fig. 158.

Reichert hat neuerer Zeit derartige Mikrotome in der Weise verbessert, dass die das Object hebende Mikrometerschraube bei jedesmaligem Rückgange des Messers automatisch gedreht und so das Object beliebig in den Grenzen von 0·003 bis 0·02 *mm* gehoben wird, was ein sehr rasches und gleichmässiges Schneiden ermöglicht.

Ein solches Mikrotom zeigt Fig. 158. Das Messer *M* ist mittelst der Flügelschraube *F* auf einem Schlitten, der ungefähr die Gestalt eines rechtwinkligen, dreiseitigen Prismas hat, festgeschraubt. Durch die Schraube *c*, welche mittelst der Gegenmutter *b* fixirt werden kann, ist die Bahn des Messers begrenzt. Das Object ist in dem Objecthalter *g* eingeklemmt. Dieser lässt sich um die Axe *f* zur Seite schlagen, aber auch in der horizontalen Ebene durch die auf diese Axe wirkende Schraube *e* fixiren. Will man das Object anders orientiren, steckt man die Axe in das Loch *d*, wo sie ebenfalls mit einer Schraube fixirt werden kann. Die ganze Klammer lässt sich leicht heraus-

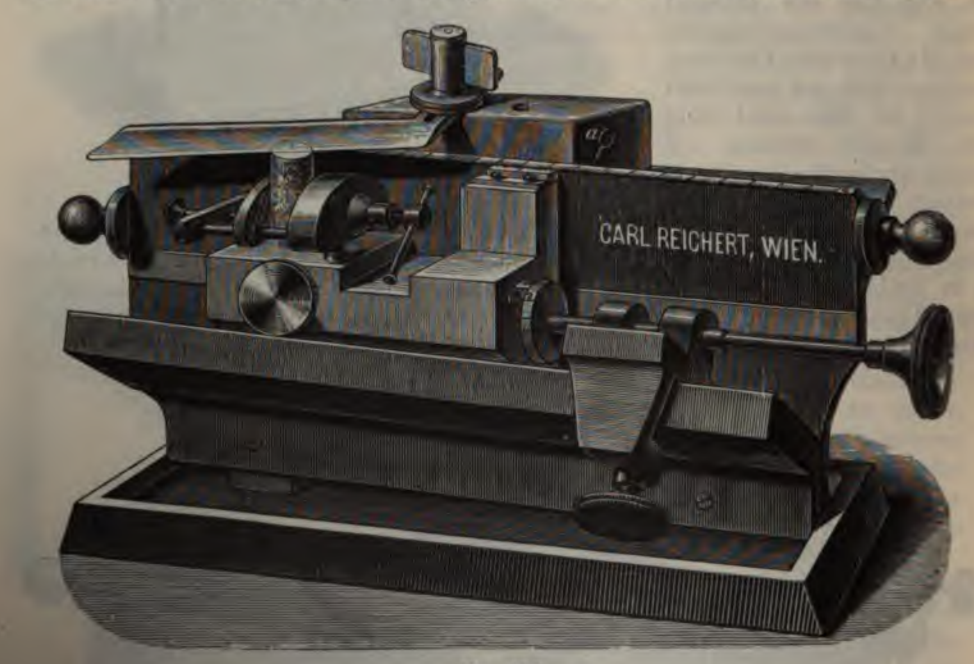


Fig. 159.

nehmen. Ihre Mikrometerbewegung erhält sie durch die Mikrometerschraube *Z*, ›e getheilt ist und auf deren Theilung der Zeiger *i* einspielt. Das mittelst raubenknopfes *a* regulirbare Sperrwerk wirkt auf die Zähne des Mikrohraubenkopfrandes und erhält bei jedem Schnitt beim Rückgang des einen Impuls, wodurch die automatische Hebung des Objectes in den erwähnten Grenzen erfolgt. Der Kopf der am Rande gezahnten Mikrohraube *Z* kann auch aus freier Hand gedreht werden, wie bei dem Fig. 157. Um die Befeuchtungsflüssigkeit (z. B. Alkohol) aufzufangen, Blechtasse *W* (Fig. 158), welche übrigens auch an dem Mikrotom ebracht ist.

iel eines Schlittenmikrotoms in engerem Sinne, nämlich nach n Construction, bei welcher das Object, wie oben erwähnt, hnitte auf einem Gegenschlitten, welcher eine schiefe Ebene hin- und herbewegt, führen wir in Fig. 159 Reichert's kleines tom nach Rivet vor. Es hat ein prismatisches Führungs-

stück, an welches das Mikrotommesser in einem schiefen Winkel mit einer Flügelmutter aufgeschraubt wird und auf dem Führungsschlitten hin- und hergeführt werden kann. Das Object bewegt sich, eingespannt in eine allseitig bewegliche Klammer, auf einem eigenthümlich geformten Stücke auf der schiefen, schlittenartigen Bahn gegen das Messer, indem eine Mikrometerschraube, die sich in einer auf dem ebenfalls am Schlitten verschiebbaren und mit einer Schraube feststellbaren Stücke eingeschnittenen Mutter bewegt, auf das Objectstück wirkt und es auf der schiefen Schlittenebene etwas gegen das Messer rückt und dadurch hebt. Eine getheilte Trommel ermöglicht, das Ausmass dieser Hebung an einer Theilung abzulesen. Da schliesslich nach vielen Schnitten das Object am Ende der Bahn angelangt und seinen höchsten Punkt erreicht haben wird, wobei sich auch die Bahnlänge von Schnitt zu Schnitt vermindert, muss man also nach einer Anzahl von Schnitten (je dicker, desto früher) den Hebungsschlitten zurückschieben; zu diesem Zwecke muss die auf den Hebungsschlitten wirkende Schraube zurückgeschraubt werden, auch kann, wenn noch nicht die ganze Länge der Schraube ausgenützt wurde, das Objectstück mittelst der unter ihm angebrachten Schraubenzwinge gelockert, zurückgeschoben und wieder fixirt werden. Die Schlittenbahn ist zur Beurtheilung der Schnittlänge getheilt. Auch hat die Trommel der Mikrometerschraube an der vorerwähnten Theilung vertiefte Striche, in welche ein federnder Zahn beim Drehen der Schraube einfällt, so dass man mittelst dieser Schnappvorrichtung die Schnittdicke akustisch innerhalb gewisser Grenzen wahrzunehmen und einzustellen vermag. Der Objectschlitten ruht auf fünf Punkten und sind die Führungspunkte des Messerschlittens aus Stahl. Jedes dieser kleineren Mikrotome kostet ungefähr 100 *K*. Die Objecte werden entweder, wie oben beim Schneiden aus freier Hand ausgeführt wurde, direct oder aber zwischen Kork, Hollundermark, Pappel- oder Lindenholz oder Thierleber, welche in Alkohol gehärtet wurde, mit Hilfe der in Fig. 160 abgebildeten sogenannten Neapeler Klammer (zuerst in der zoologischen Station zu Neapel verwendet) eingespannt oder aber in den in Fig. 161 abgebildeten Metallcylinder *c* mittelst einer der oben beschriebenen Einbettungsmassen eingebettet. An Stelle der Neapeler Klammer kann das Mikrotom auch mit einer Zangenklammer, wie Fig. 158, *g* zeigt, oder mit einer Kugelcharnierklammer nach Muster der in Fig. 159 sichtbaren versehen sein, und wird bemerkt, dass die Neapeler Klammer die vollkommenste, aber auch theuerste ist. Sie kostet separat bei C. Reichert 36 *K*. Reichert hat neuester Zeit seine Mikrotome mit einer mechanischen Messerführung im engeren Sinne versehen, indem er an *k* (Fig. 158) eine Schnur anbrachte, welche sich auf einer Rolle aufwickelt und dadurch den Messerschlitten bewegt, was eine äusserst gleichmässige Messerbewegung garantirt, während bei directer Bewegung mit der Hand durch den nicht immer gleichbleibenden Druck auf den Messerschlitten immerhin, wenn auch nur kleine Abweichungen vorkommen können.

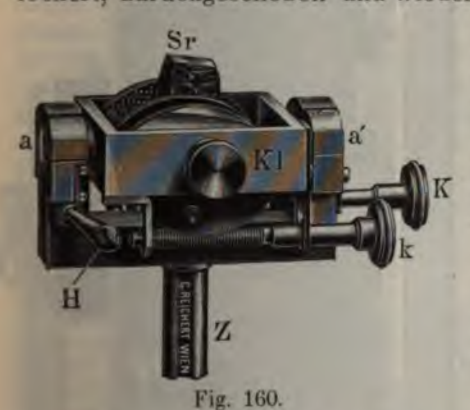


Fig. 160.



Fig. 161.

C. Reichert sagt darüber selbst: „Mechanische Messerführung (Fig. 162). Obwohl die bisher allgemein übliche Bewegung des Messerschlittens

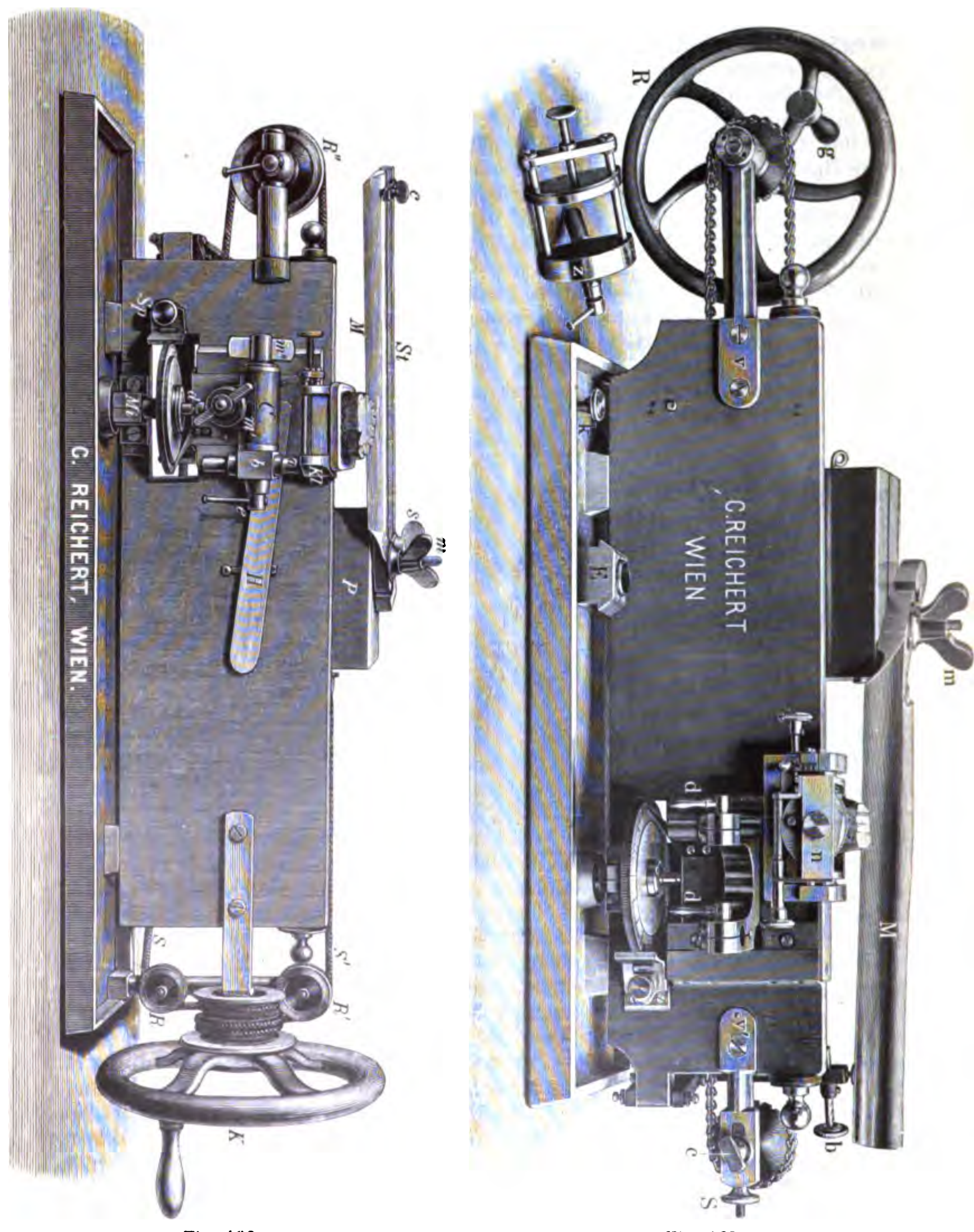


Fig. 162.

Fig. 163.

direct mit der Hand bei einiger Uebung und Vorsicht beinahe in allen Fällen ausreicht, so hat sich doch die neu eingeführte mechanische Messerführung in solchen Fällen auf das Beste bewährt, wo es sich nebst der äussersten Leistungsfähigkeit auch um Bequemlichkeit handelt. Durch die Drehung der Rolle *R'* wird vermittelst der einigemale um dieselbe geschlungenen Schnur der Messerschlitten ohne Berührung mit der Hand äusserst gleichmässig in seiner Bahn bewegt, so dass stets nur das eigene, sich immer gleichbleibende Gewicht des Schlittens zur Geltung gelangt, während bei directer Bewegung mit der Hand durch den nicht immer absolut gleichbleibenden Druck auf denselben immerhin, wenn auch nur kleine Abweichungen vorkommen können."

Eine neue mechanische Messerführung für grosse Mikrotome zeigt uns Fig. 163. Der Antrieb erfolgt hier durch eine Kette. Neuester Zeit hat Reichert eine mechanische Messerführung construirt, bei welcher die Antriebskurbel nicht hin und her, sondern nur nach einer Richtung zu drehen ist.

Während die kleineren Mikrotome eine Bahnlänge (Bettlänge) von 25 bis 28 *cm* besitzen, sehen wir in Fig. 162 ein solches von 40 *cm* Bahnlänge vor uns. Dies führt uns zu den ganz grossen Mikrotomen von circa $^1/_2$ *m* (50 *cm*) Bettlänge, welche gestattet, sehr grosse Schnitte durch sehr zarte Objecte, z. B. ein ganzes Menschenhirn, zu legen. Der Antrieb solcher Mikrotome ist jetzt meist ein mechanischer[1]) mittelst Kette.

Da diese Mikrotome auch von Praktikern, nämlich den Irrenanstaltsärzten, benöthigt werden, um beim Tode ihrer Pflege anvertrauter Geisteskranken nach Anomalien im Baue seines Denkorganes zu forschen, so glaube ich keinen Fehler zu begehen, wenn ich in diesem hauptsächlich für Praktiker bestimmten Leitfaden die Beschreibung eines solchen Mikrotoms für Gehirnschnitte von C. Reichert in Wien, wie solche seinerzeit in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik, Bd. X, 1893, p. 300

---

[1]) Es gibt nämlich auch ein Handmikrotom zur Zerlegung grosser Objecte, wie Thier- und Menschengehirne, in dünne, planparallele Scheiben, das wir in dieser Fussnote erwähnen zu müssen glauben, da es in seiner Einfachheit ein Gegenstück zu dem im Texte beschriebenen Gehirn-Mikrotom mit mechanischer Messerführung bildet. Das einfache Instrument wird „Marchi-Mikrotom" genannt, da es zu den sogenannten Marchi-Untersuchungen des Gehirnes dient. Primararzt Dr. Starlinger schreibt in der „Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie", Bd. XVI, 1899, p. 179—183 Folgendes: „Was den in Fig. 164 abgebildeten Apparat anbelangt, so kann ich denselben als erprobt empfehlen, und ich halte ihn für unerlässlich nothwendig für die Marchi-Untersuchung, zumal des Grosshirns. Er hat manche Wandlungen bis zu seiner jetzigen Gestalt im Laufe der letzten Jahre durchgemacht. Zur Zeit dürfte er kaum noch einen wirklichen Uebelstand an sich haben, er wird in unseren Anstaltslaboratorien von allen Aerzten ausschliesslich zu dem besprochenen Zwecke verwendet. Der Apparat besteht aus zwei Theilen, aus dem Messer *A* und dem Stützapparat *B*. Das Messer ist in einen Sägebogen gespannt, weil es dünn und biegsam ist, was von principieller Bedeutung ist. Jedes andere Messer mit stärkerem Rücken ist unverwendbar. Der Stützapparat ist eine Art Schlitten, dessen fixer Theil *h* eine senk-

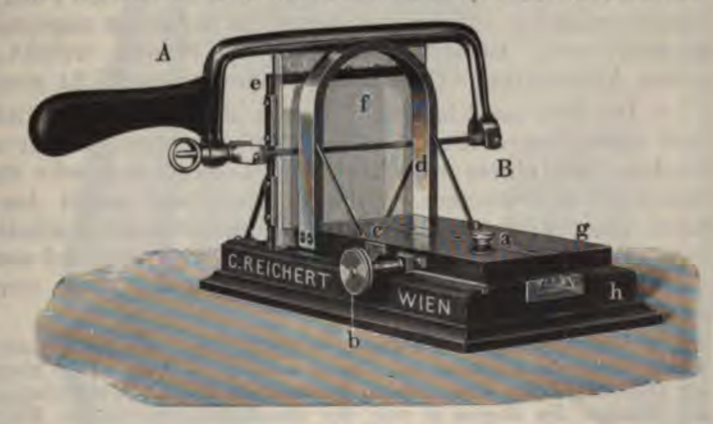


Fig. 164.

stellung 250 bis 300 Schnitte in einer ununterbrochenen Serie geschnitten werden.

Hat die Mikrometerschraube den höchsten Punkt erreicht, so wird der Sperrkegel (*Sp*, Fig. 162), sowie die sich rückwärts am Mikrotom befindliche Spiralfeder ausgelöst, die Mikrometerschraube zurückgedreht und der Objectschlitten nach auswärts gedrückt, das Object bis zur Messerschneide gehoben, und nun kann man ohne Veränderung in der Schnittebene weiterschneiden. Das Object wird automatisch beim Rückgange des Messers beliebig in der Grenze von 0·005 bis 0·05 gehoben. Bei dickeren Schnitten muss der Automat zweimal in Bewegung gesetzt werden, wodurch dann Schnitte bis zu 0·1 *mm* Dicke erlangt werden können. Der Messerschlitten ist besonders schwer gehalten und gleitet, wie bei den kleineren Mikrotomen, auf fünf Punkten. Diese Führung hat sich durch leichten Gang und geringe Abnützung bestens bewährt.

Um das Umkippen des Messerschlittens zu verhindern, hat derselbe eine doppelte Führung, indem der Schlitten durch eine federnde Gegenplatte auf die Schlittenbahn gedrückt wird. Für die Bewegung des Schlittens

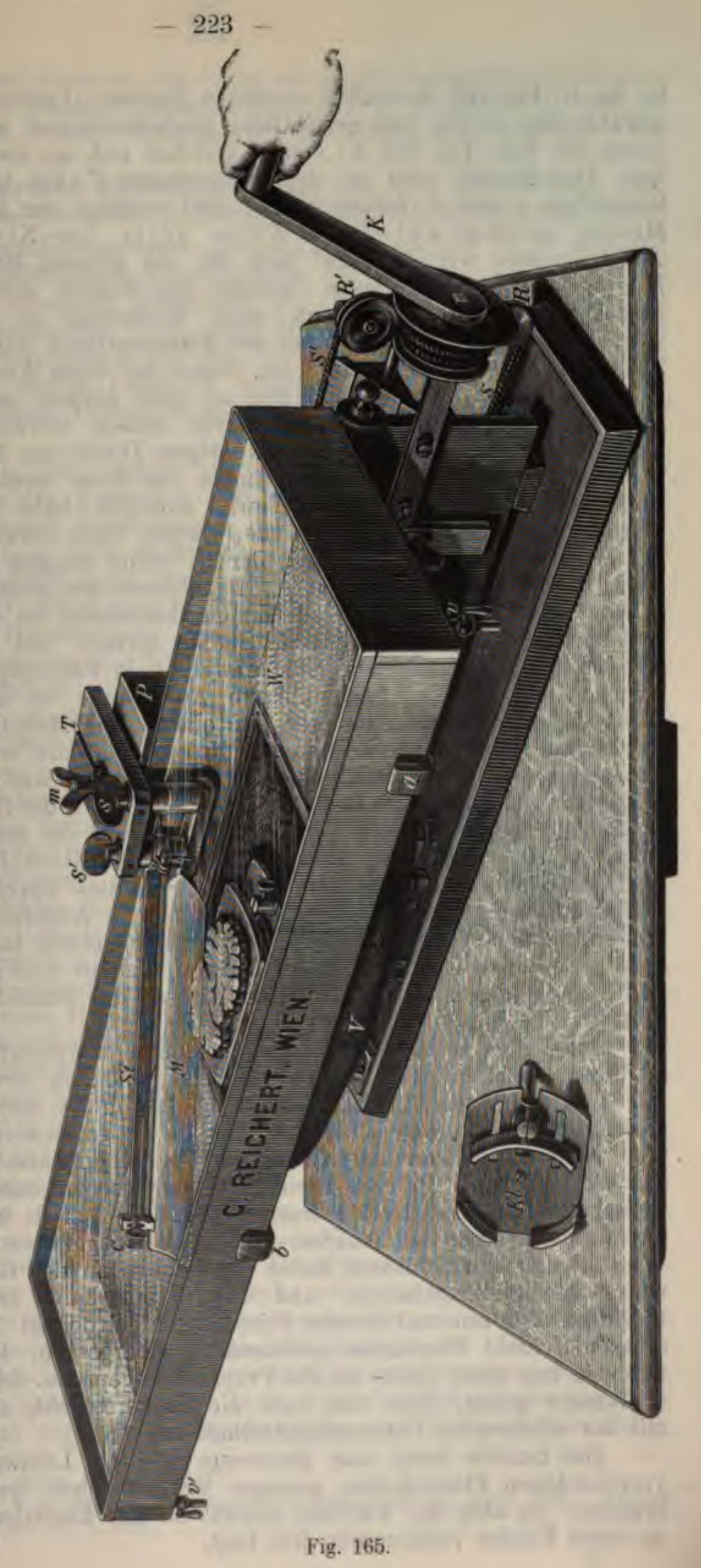


Fig. 165.

ist die in Fig. 162 deutlicher sichtbare Riemen- (Lederschnur-) Uebertragung gewählt. Die in Fig. 165 ersichtliche einfache Kurbel wurde in neuerer Zeit durch ein Rad (Fig. 162, *K*) ersetzt, welches sich als zweckmässiger erwiesen hat. Das Messer wird an den Messerhalter *T* (Fig. 165) mit den beiden Schrauben *s* und *s'* festgeschraubt und mittelst der Mutter *m* fixirt. Das Messer gelangt auf diese Weise unter das Niveau des Wassers. Als besonders werthvoll hat sich für die grossen Messer die abgebildete Messerstütze *St* erwiesen, welche das Federn des Messers verhindert. Dieses Mikrotom kann auch ohne Wasserbad in Verwendung gezogen werden. Für diese Zwecke kann der Klammerträger durch Ausschaltung von Zwischenstücken verkürzt und das Object auf diese Weise dem Messer näher gebracht werden. Die Construction ist sehr einfach und solid. Der ganze Apparat kann behufs Reinigung leicht zerlegt werden. Der Hauptkörper, Bahn etc. sind aus Gusseisen, die übrigen Theile aus Messing und Rothguss verfertigt. Das Ganze ist zum Schutze vor Rost vernickelt. Was nun die Handhabung der Gehirne und Schnitte anbetrifft, habe ich das folgende Verfahren eingeschlagen: Die Gehirne werden nach vorangegangener Injection mit Müller'scher Flüssigkeit, der $^{1}/_{4}$ Volum $5^{0}/_{0}$iger Lysollösung zugesetzt wird, in Müller'scher Flüssigkeit gehärtet, der gleichfalls Lysol zugesetzt wurde. Die Objecte bleiben bei Zimmertemperatur im dunklen Schrank und werden später in entsprechende Stücke zerlegt. Die Härtung im Brutofen soll vermieden werden. Die Stücke werden in Fliesspapier abgetrocknet und ohne Auswässerung nach kurzem Aufenthalte in absolutem Alkohol in Photoxylin gebracht, von hier auf eine rauhe Metallplatte geklebt. Diese Metallplatte ist auf einem kleineren Holzstücke fixirt, welches in die Objectklammer passt. Die Metallplatte ist erforderlich, weil die Holzplatten bei längerem Aufenthalte im Bade, bis zur Vollendung der Serie unter Umständen 8 bis 10 Tage lang, sich bald „verziehen" und die Schnittebenen sich verschieben. Das Schneiden selbst ist bei ordentlicher Härtung eine überaus einfache Sache. Die Anfertigung eines Schnittes durch beide Hemisphären nahm durchschnittlich 10 bis 15 Secunden in Anspruch, wenn der Schnitt nicht dünner als 0·05 *mm* angelegt war. Der Schnitt fällt in's Wasser. Hier wird er mittelst Closetpapier aufgefangen. Das ist eine Procedur, welche mit Hilfe eines feinen Pinsels trotz der Grösse der Schnitte anstandslos durchführbar ist.

Das Präparat in diesem Zustande einem complicirten Färbungsverfahren zu unterziehen, hat sich jedoch bald als unmöglich erwiesen. Doch gelang mir dies vollständig, nachdem ich mich entschloss, dem Schnitte eine festere, gleichmässige Unterlage zu geben und ihn so gegen Zerreissung zu schützen.

Nach verschiedenen einschlägigen Versuchen habe ich für diese Zwecke das von Obregia für eine Serienmethode beschriebene Princip (cfr. Neurologisches Centralblatt 1890) herangezogen. Der Schnitt wird dementsprechend auf eine mit einer Candiszucker-Dextrinmischung überzogene Platte gebracht. Wie bei den Abziehbildern haftet der Schnitt an der Glasplatte, beziehungsweise der Zuckerschichte, und das Papier kann entfernt werden. Das Präparat wird nun mit feinem Fliesspapier getrocknet und dann mit einer dünnen Schicht Photoxylin gleichmässig übergossen. Ist diese trocken, so wird sie mit einer Rolle an das Präparat angepresst. Die Platte wird hierauf in Wasser gelegt. Hier löst sich die Zuckerschicht, und das Präparat fällt mit der adhärenten Photoxylinunterlage ab.

Der Schnitt kann nun gleichsam wie ein Leinwandlappen durch die verschiedenen Flüssigkeiten gezogen werden, ohne wesentlich Schaden zu erleiden; ist aber der Färbung sowohl als der Entfärbung leicht zugänglich, da seine Fläche vollkommen frei liegt.

Ich war auf diese Weise in der Lage, an diesen Schnitten die Färbung mit Hämatoxylin mit meiner Entfärbungsprocedur[1]) auszuführen, das ist dieselben durch etwa 6 bis 8 Flüssigkeiten zu führen und überdies auch nachzufärben.[2])

Die Entwässerung und Aufhellung erfolgt auf dem Objectträger. Zum Zudecken der Präparate verwende ich Deckgläser aus dünnem Objectträgerglas."

In der soeben wiedergegebenen Abhandlung haben wir die Behandlung des grössten Schlittenmikrotoms (Messerführung auf Schlitten) kennen gelernt. Die Behandlung der kleineren Mikrotome ist nicht wesentlich verschieden, doch viel leichter, besonders wenn man Alles recapitulirt, was über das Schneiden mit dem Rasirmesser und die Vorbehandlung (Härtung, Einbettung etc.) der Objecte in diesem Leitfaden gesagt wurde. Alles dies gilt auch für Mikrotome. Besonders Celloidinschnitte lassen sich mittelst Mikrotomes schön ausführen.

Bei Serienschnitten, welche zu Schnittbändern vereinigt bleiben sollen, muss das Messer hobelnd wirken, es muss also durch das zu schneidende Object nicht durchgezogen, sondern sozusagen durchgedrückt werden. Verwendet man zum Einbetten das oben erwähnte überhitzte Paraffin und beschneidet dann den Paraffinblock auf das Genaueste, so dass seine Grundfläche ein Quadrat oder Rechteck mit ganz ebenen Seiten bildet, so bleiben beim raschen Durchdrücken des Messers die Schnitte mit ihren Kanten aneinander kleben, sie bilden eine Schnittserie in Bandform, welche ohne Lücke die Structur des Objectes in seinen verschiedenen Schichten wiedergibt. Um ein Schlittenmikrotom zur Serienbänderherstellung geeignet zu machen, muss man ein Messer anwenden, welches sich ganz querstellen lässt. Solche Messer müssen dann senkrecht auf die Schlittenführung des Messers gerichtet stehen, und es empfehlen sich hiezu kurze Messer, welche C. Reichert für 8 *K* liefert. Auch Gebrüder Fromme in Wien, IX., Universitätsstrasse 12, führen derlei Messer nach Henking. Die richtige Orientirung solcher Messer, besonders bei Celloidinschnitten, wo sie sehr schief gegen die Schnittebene stehen müssen, erleichtert ein verstellbarer Messerhalter, wie ihn C. Reichert, Gebrüder Fromme und Andere liefern.



Fig. 166.

Die Klinge kann in ihm in beliebigem Winkel innerhalb gewisser Grenzen zur Horizontale geneigt werden. Eine am Spannklotze angebrachte Theilung ermöglicht die Ablesung dieser Neigung. Um das „Aufrollen" der Schnitte zu verhindern, fertigt fast jede Firma, die Mikrotome liefert, sogenannte „Schnittstrecker" an. Reichert führt den in Fig. 166 abgebildeten Schnittstrecker in seinem Preiscourante. *M* ist das Mikrotommesser, an dem der kleine Apparat mit der Schraube *p* angebracht wird. Er selbst besteht in der Hauptsache aus einem gebogenen, der Messerschneide anliegenden Drahte *d* (auf welchen bei manchen Constructionen ein Glasrohr als eine Art Walze aufgesteckt ist), welcher mit der Schraube *o* in beliebiger Spannung angebracht und mit dem Hebel *n* gehoben werden kann, falls sich Schnitte in ihm verfangen sollten. *O* zeigt das zu schneidende Object und S_1 S_2 die gemachten

[1]) Cfr. Med. Jahrb., Wien 1886 und 1887.
[2]) Cfr. Sitzber. der k. k. Gesellsch. d. Aerzte in Wien vom 14. April 1893; Wiener Klin. Wochenschr. 1893, Nr. 16, p. 395.

Es kann nämlich bei einer Mikrometerschraube in Anbetracht der erforderlichen Dauerhaftigkeit eine gewisse Feinheit in der Steigung des Gewindes, etwa 0·4 bis 0·5 *mm* Höhe eines Ganges, nicht überschritten werden.

Diese Thatsache war die Veranlassung zu der Construction der im Nachfolgenden beschriebenen und illustrirten beiden Mikrotome, welche die Vortheile beider eingangs erwähnten bewährten Typen ohne ihre Nachtheile in sich vereinigt.

C. Reichert hat dieses „neue Mikrotom mit schiefer Ebene und ununterbrochen wirkender Mikrometerschraube" auf Anregung des Herrn Prosectors Dr. Albrecht angefertigt. Bei diesem Instrumente erfolgt

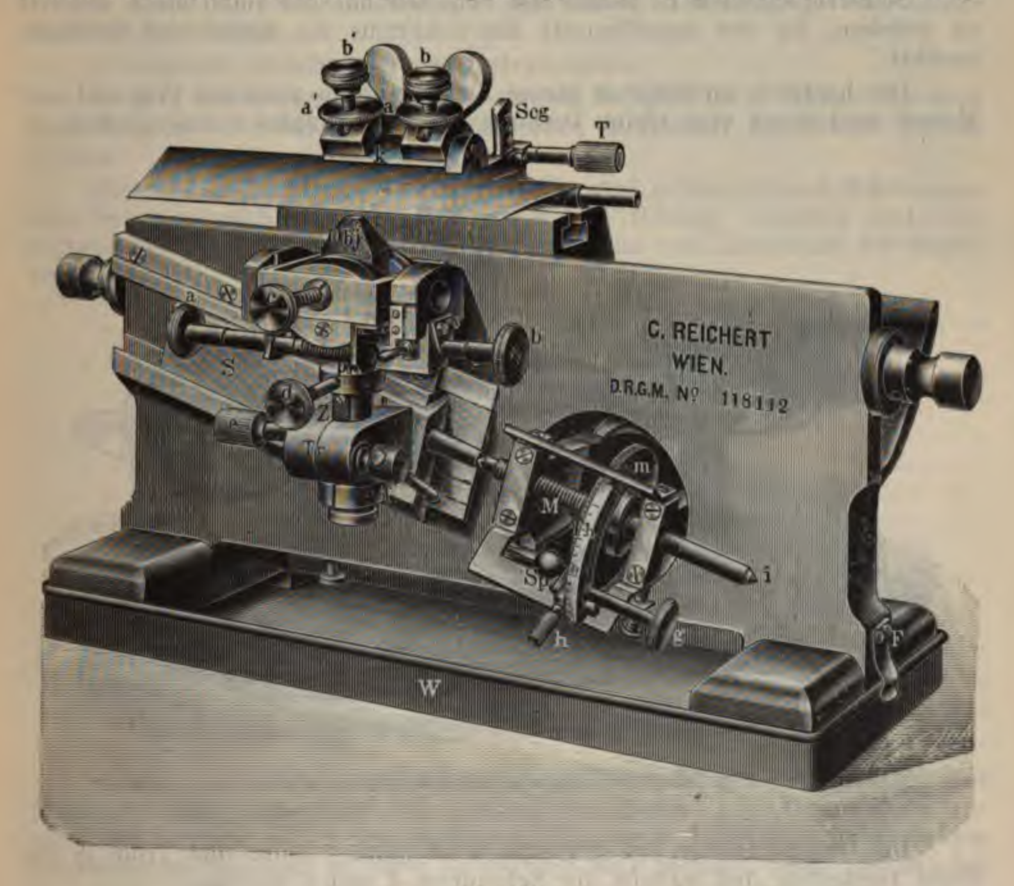


Fig. 168.

die grobe Einstellung des Präparates mittelst Zahn und Trieb *Z*, die feine durch Aufwärtsbewegen auf einer schiefen Ebene mittelst Mikrometerschraube *M*, welche ein in Grade getheiltes und verstellbares Kreissegment *T* besitzt, mit dem die Anzahl der Zähne in den Grenzen von ein bis zehn Zähnen eingestellt und dadurch die Schnittdicke regulirt werden kann. Für dickere Schnitte wird einfach die Bewegung des Kreissegmentes wiederholt.

Der sehr lange und solide Objectschlitten *S* geht nicht lose auf der schiefen Ebene, sondern in einer festen Führung, so dass auch härtere Präparate geschnitten werden können.

Das Object bewegt sich in der horizontalen Richtung nur wenig hin und her, und kann in Folge dessen das Messer auch für histologische Arbeiten

von einem ganz reinen[1]) Knochen oder einen ganzen Zahn in verdünnte Salzsäure (100 Volum Wasser, zu welchem 5 Volumina „rauchender“ Salzsäure, wie solche im Handel vorkommt, zugesetzt wurde) und lässt es einige Tage darin, bis es sich ganz weich anfühlt. Hierauf bringt man das Knochenstück oder den Zahn in gewöhnliches Wasser, welches beständig gewechselt wird, bis ein Tropfen Phenophtaleïnlösung (in Wien durch Rud. Siebert zu beziehen) sich nicht mehr verfärbt, wenn man ihn zu dem ablaufenden Wasser gibt, in welchem das Knochenstück oder der Zahn gelegen ist, oder bis ein längere Zeit in das Wasser gehaltenes Stückchen blaues Lackmuspapier nicht roth wird. Dann wird das Knochenstück oder der Zahn zwischen Hollundermarkstücken geschnitten, es leistet dann dem Messer kaum grösseren Widerstand als das Mark, vorausgesetzt, dass man die Entkalkung nicht zu früh unterbrochen hat. Handelt es sich um sehr zarte Objecte, die entkalkt werden sollen, z. B. solche, bei denen eine Kalkablagerung im Zellinnern stattgefunden hat, so bedient man sich zur Entkalkung 1%iger Chromsäure, in der die Objecte 3 bis 4 Wochen verbleiben. Auch Salpetersäure (5 Gewichtspercente) und concentrirte Essigsäure hat man angewendet, um Gewebe zu entkalken. Hier geht wohl in jedem Falle „Probiren vor Studiren“.

Es kann besonders bei botanischen Objecten der Fall sein, dass Kieselsäure-Ausscheidungen in Pflanzen vorkommen, welche man in feine Schnitte zerlegen will und bei denen diese Ausscheidungen das Messer verderben würden. Equisetum hiemale besitzt z. B. einen Kieselreichthum von 97·52%! Wenn es also nicht etwa darauf ankommt, die Kieselkörper selbst zu zeigen, wird man zur Schonung des Messers und Erhaltung feiner Schnitte die Objecte entkieseln. Man bringt zu diesem Behufe nach Strassburger das Material, respective ein entsprechendes Stückchen desselben in einen Bleitiegel (oder auch Platintiegel, der aber theuerer ist), übergiesst die Objecte mit Alkohol und setzt nach und nach tropfenweise wässerige Fluorwasserstoffsäure zu.

Bei Objecten, die Alkoholbehandlung wegen Schonung von in Alkohol löslichen Einschlüssen nicht vertragen würden, muss man die Objecte in Wasser, dem einige Tropfen Fluorwasserstoffsäure zugesetzt worden sind, stehen lassen, am besten an einem warmen Orte durch circa 24 Stunden. Die Flussäure löst die Kieselsäure auf. Vor der weiteren Verarbeitung wird das Material gut entwässert, sonst würde die Fluorwasserstoffsäure die Gläser, mit denen die Objecte in Berührung kommen, angreifen. Fluorwasserstoffsäure ist durch alle grösseren Chemikalienhandlungen zu beziehen und muss von Eisen-, Messing- und Glasgegenständen, insbesondere dem Mikroskope, ferngehalten werden, da schon ihre Dämpfe das Glas und die meisten Metalle heftig ätzen.

Will man umgekehrt die Kieselsäure für sich mikroskopisch darstellen, so kann dies geschehen, indem man die organische Substanz zerstört. Dies kann durch Feuer (Einäschern, Glühen) oder durch Maceration, oder durch Combination beider Methoden erzielt werden. Glüht man z. B. Schlamm auf einem Platinbleche oder einem Glimmerplättchen in einer Spiritusflamme gut aus, bringt die Asche in destillirtes Wasser, welches in einem hohen Glase (Decantircylinder) eingefüllt ist, so sinken die unverbrennlichen Bestandtheile zu Boden und können auf einem Objectträger untersucht werden. Auch Grashalme oder Schnitte von kieselreichen Pflanzen, z. B. Equisetum arvense, lassen sich derartig behandeln und ergeben schöne Kieselskelette.

[1]) Am reinsten wird der Knochen, wenn man ihn etwa drei Monate im Wasser liegen gelassen und das Wasser oft gewechselt hat.

Zusammensetzung aus winzigen Kalkgehäusen mikroskopisch kleiner Lebewesen, kurz, die Methode des Dünnschleifens hat gewiss keine geringere Wichtigkeit für die Durchforschung des Aufbaues organisirter und nichtorganisirter Naturkörper, als irgend eine andere. Dabei lässt sie sich mit verhältnissmässig primitiven Behelfen ausführen, erfordert aber, wie überhaupt jede subtilere Arbeit des Mikroskopikers, viel Geduld; wer letztere Eigenschaft nicht besitzt, wird niemals brauchbare Dünnschliffe fertig bringen.

Die Art und Weise, wie man die Schliffmethode prakticirt, kann eine sehr verschiedene sein, so verschieden, als die Schleifmaterialien und sonstigen Behelfe sind, die zur Verfügung stehen. Der eine Präparator schleift auf einer Glasplatte mit Zinnasche oder der flachen Seite eines gewöhnlichen Sandstein-Schleifsteines, der andere auf einer rotirenden Schmirgel- oder Carborundumscheibe. Der eine polirt auf Rehleder und Trippel, der andere auf Schafleder, welches mit Engelroth bestrichen ist. Der Institutsdiener einer wissenschaftlichen Anstalt, welche ein mit allen Behelfen ausgestattetes Laboratorium besitzt, wird die Zerlegung des zu schleifenden Materials mittelst Circularsäge, wie z. B. Fromme in Wien eine solche für mikroskopische Arbeiten fertigt, oder falls es zu hart ist, um mit der Säge geschnitten zu werden, mit Hilfe einer kleinen Steinschneidemaschine oder auf einer Drehbank mittelst einer schnell rotirenden, mit bester Korundschmirgel- oder Carborundum-Oelpaste bestrichenen Kupferscheibe vornehmen, während der für sich allein arbeitende, nur ab und zu Dünnschliffe fertigende Privatgelehrte mit einer Laubsäge, beziehungsweise Hammer und Meissel sein Auslangen finden oder an weichere Materialien, z. B. Salmiakkrystalle u. dergl., mit Messer und Feile herantreten wird.

In diesem Leitfaden wollen wir die einfachste Art der Anfertigung von Dünnschliffen behandeln.

Zunächst muss das zu schleifende Material bezüglich seiner Härte, Durchsichtigkeit und Porosität in's Auge gefasst werden.

Sehr harte Körper bedürfen auch härteres Schleifzeug, auch können sie nicht in Stücken von grösserer Ausdehnung behandelt werden, falls man nicht sehr viel Zeit zur Ausarbeitung hat, weil bei sehr harten Substanzen, z. B. bei kieselhaltigen Mineralien, das Schleifen und Poliren umso langsamer vor sich geht, je grösser das zu bearbeitende Stück ist. Von sehr durchsichtigen Objecten werden auch nicht gar zu dünne (z. B. 0·5 *mm* dicke) Präparate schon befriedigende Bilder geben, während sehr wenig durchsichtige Gegenstände (z. B. Steinkohle) erst bei einer Maximaldicke von etwa 0·2 *mm* ihre Structur in dem durchfallenden Lichte wahrzunehmen erlauben. Sehr poröse Objecte, welche dabei wenig Festigkeit besitzen, wie z. B. Kreide, lassen sich überhaupt erst bearbeiten, nachdem man ihnen mehr Consistenz verliehen hat, was durch Ausfüllung ihrer Poren mit durchsichtigen, erhärtenden Stoffen geschieht. Will man also z. B. aus Kreide einen Dünnschliff fertigen, so legt man ein circa 1 *ccm* grosses Stück in Terpentingeist, worin es 2 bis 3 Tage bleibt, bis es sich ganz angesogen hat. Hierauf wird es auf ebenso lange in Canadabalsam von Honigdicke eingelegt, sodann an der Luft getrocknet, bis es Hornconsistenz angenommen hat, und nun mit Hilfe einer Laubsäge in 2 *mm* dünne Lamellen zersägt. Das gelingt wohl nicht leicht, so lange man ungeübt ist, aber auch hier führt Geduld selbst den Ungeübten zum Ziele. Eine solche Lamelle kittet man mit sehr dickflüssigem, in Chloroform gelöstem Canadabalsam unter Zuhilfenahme einer winzigen, das nachherige Festwerden erleichternden Spiritusflamme auf einem Objectträger oder der Hälfte eines Objectträgers fest, und erst wenn die Lamelle ganz fest hält, schreitet man zum Schleifen. Für so weiche Objecte, wie z. B. Kreide, reicht als Schleifstein ein gewöhnlicher Sandstein aus, auf welchem man, den

einer Laubsäge ab. Hierauf klebt man mit Mastix oder auch mit weissem Schellack, im Nothfalle mit gewöhnlichem Siegellack unter Zuhilfenahme der Spirituslampe, die Lamelle auf einem grossen Korkstöpsel fest und feilt mit einer mittelfeinen Raspel (Feile), welche stets mit Wasser befeuchtet werden muss, zuerst die eine Seite ganz eben, kittet sie dann los und die andere Seite auf und feilt auch diese ganz plan, worauf man mit absolutem Alkohol jede Spur des Harzes entfernt und trocknen lässt. Hierauf setzt man das Schleifen auf einem Arkansassteine ohne Aufkitten fort, indem man mit einem Korkstöpsel das Knochenblättchen an die horizontal liegende Fläche des Steines andrückt und kreisförmige oder achterartige Bewegungen damit vollführt, bis es unter dem Mikroskope bei 400maliger Vergrösserung die Havers'schen Canälchen angedeutet zeigt, was dann der Fall ist, wenn es genügend dünn und durchsichtig ist. Hierauf polirt man beide Seiten auf einem mit Schlemmkreide bestreuten Rehleder, welches auf einem Brettchen ausgespannt ist, unter beständiger Controle unter dem Mikroskope, bis alle Kratzer verschwunden sind.

Ist die nöthige Glätte erreicht, badet man den Dünnschliff in stärkstem Alkohol. Man bringt ihn dann auf einen reinen Objectträger, indem man denselben aus dem Bade mit Hilfe einer Präparirnadel oder eines Pinsels auf die Oberfläche des Glases hinaufschiebt*) (ein Handgriff, den wir übrigens oft bei Uebertragung von flächenhaften Objecten auf den Objectträger anzuwenden haben werden), lässt ihn an der Luft, eventuell unter Zuhilfenahme eines aufgelegten Stückchens Filtrirpapiers trocknen, umrahmt ihn mit einem 2 *mm* breiten Rahmen aus mittelst eines erhitzten flachgehämmerten Drahtes aufgetragenem dicken Canadabalsam, entsprechend der Grösse des Deckgläschens, und legt das letztere auf den Rahmen unter sehr leichtem Drucke auf. Hierauf lässt man das Ganze trocknen. Der Dünnschliff darf vom Canadabalsam nicht berührt werden, doch muss er nach dem Trocknen zwischen Objectträger und Deckgläschen unbeweglich festgehalten werden. Am besten ist es, wenn man das Präparat mindestens eine Woche lang ruhig liegen lässt. Ueber oder unter dem Deckglasrande hervorgetretenen Canadabalsam kratzt man dann mit einem Messerchen weg und beseitigt den hauchartigen Rest mittelst eines mit Chloroform getränkten Leinwandbäuschchens. Wie ein solches Präparat aussieht, zeigt Fig. 178. *O* ist der Objectträger, *d* das Deckglas, *K* der Knochendünnschliff und *c* der Rahmen von Canadabalsam.

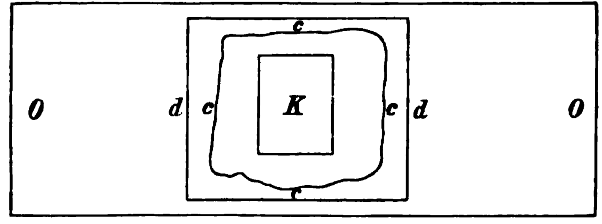


Fig. 178.

Mineralschliffe dagegen bringt man nicht mit Hilfe eines Rahmens, sondern eines ganzen, den Schliff einschliessenden Tropfens von Canadabalsam zwischen Objectträger und Deckglas. Die Reinigung geschieht, wie vorhin angegeben wurde. Bei Objecten, die in Canadabalsam eingebettet

*) Prof. Kitt, der berühmte Mikroskopiker an der Münchner königl. thierärztlichen Hochschule, Verfasser des Werkes: „Bakterienkunde und pathologische Mikroskopie", 3. Aufl., Wien 1899, Verlag von Moriz Perles, räth an, zum Uebertragen aus Flüssigkeiten sich Präparirnadeln aus in Stiele eingelassenen Insectennadeln, die viel weicher sind als Nähnadeln, zu verfertigen. Wie die Uebertragung mittelst Pinsels oder einer „Insectennadel" geschieht, zeigt die dem citirten Werke Prof. Kitt's entnommene Fig. 179 auf folgender Seite.

werden, ist es sehr angezeigt, sie aus Alkohol in Nelkenöl oder Xylol zu bringen, woselbst der mit Canadabalsam nicht ohne Trübung sich mischende Alkohol durch das Oel, welches dabei in Folge seines stark lichtbrechenden Vermögens aufhellend wirkt, verdrängt wird. Das Oel oder Xylol aber mischt sich ohne Trübung mit dem Canadabalsam. Manche nehmen statt des letzteren Damarlack, und zwar womöglich recht alten, doch wird dieser Harzlack auch nach Jahren nicht genügend fest, um die Dauerhaftigkeit der Präparate zu garantiren, da sich die Deckgläser, besonders bei warmer Zimmerluft, leicht verschieben und so zum Ruin des Präparates führen können.

Auch Schnitte werden sehr oft in Canadabalsam oder Damarlack eingeschlossen. Sie werden in diesen stark lichtbrechenden Medien sehr durchsichtig und lassen dann manche Details erkennen, die in Folge mangelnder Durchsichtigkeit dem Auge entgehen würden; andere Einzelnheiten, besonders sehr zarte Contouren, werden durch die starke Aufhellung verwischt, es ist

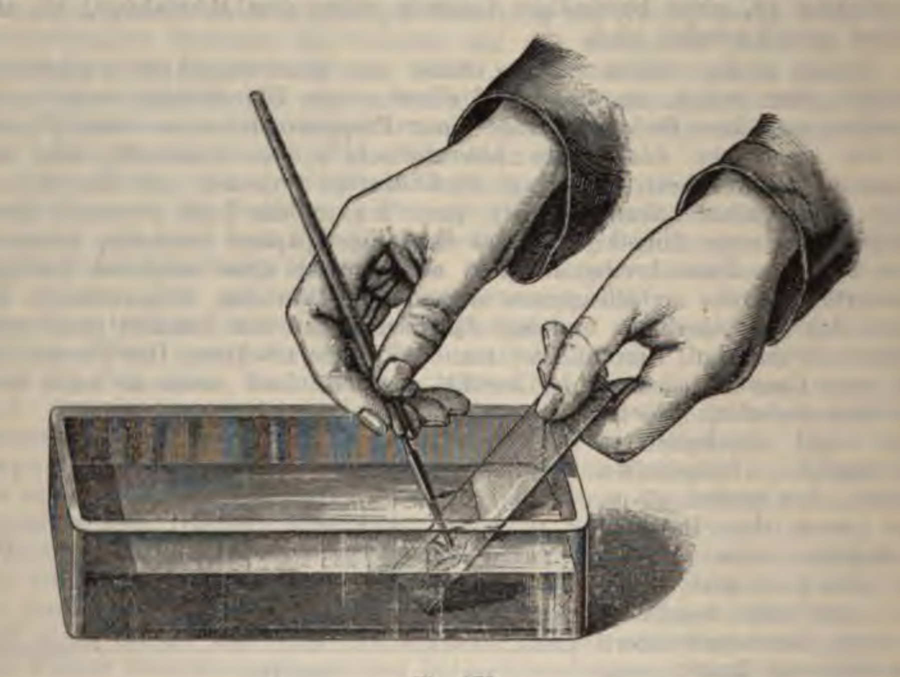


Fig. 179.

dann nöthig, beim Betrachten eine sehr enge Blende zu nehmen, was wieder Lichtmangel und das störende Auftreten der alle Contouren grau umsäumenden Interferenzsäume mit sich bringt.

Deshalb genügt die Zerkleinerung der Objecte allein durchaus nicht, um Alles zu zeigen, was an ihnen unter dem Mikroskope zu sehen ist; vielmehr muss der Beschau eine besondere Zubereitung vorhergehen.

Diese Zubereitung besteht hauptsächlich in der zweckmässigen Anwendung chemischer Reagentien, welche mannigfaltige Aenderungen in Farbe und Durchsichtigkeit der Objecte hervorbringen und dadurch einzelne Details dieser Structur besser hervortreten lassen. Wir sehen hier vorläufig von den eigentlichen chemischen Reactionen unter dem Mikroskope ab und wollen in den nächsten Capiteln die Färbung der mikroskopischen Objecte mit eigentlichen Farben, die sogenannte „Tinction“ besprechen. Ein Beispiel wird den Unterschied zwischen „Tinction“ und eigentlicher chemischer Reaction klar machen,

obwohl sich auch bei der Tinction oft chemische Processe im Präparate abspielen.

Geben wir etwas Stärkemehl auf den Objectträger (ganz wenig in ein Tröpfchen Glycerin), legen ein Deckglas darauf und betrachten die Stärkekörner im gewöhnlichen Lichte des Mikroskopspiegels unter Anwendung einer Blende von circa 2 *mm* Durchmesser (unmittelbar unter dem Objecttische anzubringen), so sehen wir die Stärkekörner in der bekannten Form und durchsichtig wie Glas.

Tropfen wir nun eine Mischung von Jodtinctur und Jodkalisolution vorsichtig an den Rand des aufgelegten Deckglases, so entsteht eine lebhafte Strömung in der Flüssigkeit, indem eine Capillaritätsdiffusion zwischen dem Glycerintropfen stattfindet, und gleichzeitig färben sich unter dem Jodlösungstropfen die Stärkekörner mehr weniger dunkel. Wechseln wir nun die Blende, so dass das Gesichtsfeld lichter wird, so tritt die blauviolette Farbe der Stärkekörner deutlich hervor, während alle anderen etwa zufälligen organischen Verunreinigungen des Stärkemehles eine gelblich-braune Färbung angenommen haben. Die Blaufärbung ist nun wohl eine Färbung, aber keine eigentliche „Tinction“ der Stärkekörner im technischen Sinne des Wortes, vielmehr eine chemische Reaction, die bekannte Jodreaction auf Stärke, die wir ebensogut hätten in einem Probirkölbchen vornehmen können. Die braune Färbung der anderen organischen Beimengungen der Stärke ist dagegen eher als eine eigentliche Tinction zu bezeichnen. Wenn wir dagegen Mehl, welches verdächtig ist, Theilchen von Mutterkorn (Secale cornutum) als unerwünschte Beimengung zu haben, auf diese Verunreinigung prüfen sollen und nun z. B. mit einer Lösung aus 400 Alkohol, 76 Glycerin, 20 Aq. destill. und 1 *gr* Fuchsin behandeln, nach welcher Behandlung sich die Mutterkornpartikelchen stark färben, während die Stärkekörnchen des Mehles hell bleiben, so liegt hier eine eigentliche „Tinction“ vor, und zwar wieder, wie im vorigen Beispiele mit Jod, eine Differentialfärbung (im weiteren Sinne), indem die Pilzpartikeln auf die Anilinfarbstoffe eine grössere Anziehungskraft ausüben als die Stärkekörnchen und daher den Farbstoff in sich verdichten, ihn stärker imbibiren und dadurch sich von den Stärkekörnern differenziren. Ob diese stärkere Anziehungskraft der Pilzmaterie auf den Anilinfarbstoff ein rein chemisches oder ein physikalisches Phänomen ist, lassen wir hier dahingestellt.

I. Die Tinction.

Seit Gerlach in seiner 1858 zu Erlangen erschienenen Schrift: „Mikroskopische Studien aus dem Gebiete der menschlichen Morphologie“ zuerst die wichtigste Tinctionsmethode, nämlich jene mittelst Carmin, in ihrer Anwendung auf die Histologie des Cerebrospinalsystems des Menschen erläutert hat, hat die Tinction für die mikroskopische Technik aller Zweige der Naturwissenschaften eine ungeahnte Bedeutung gewonnen, so dass sie nicht nur in den descriptiven Disciplinen so manche Lücke ausgefüllt, so manchen Ausblick erschlossen, sondern mit der Einführung der zuerst von Koch gelehrten Färbung pathogener Bakterien der mikroskopischen Forschung ganz neue Gebiete auch auf dem Boden der praktischen Medicin eröffnet hat, besonders als durch Abbé noch der nach ihm benannte, von Koch meisterhaft angewendete Beleuchtungsapparat hinzukam, der das Farbenbild hervorhebt. (Vgl. S. 63 dieses Buches.)

Was ist also Tinction im mikroskopisch-technischen Sinne des Wortes?

„Tinction ist die Imprägnirung von mikroskopisch zu betrachtenden Objecten mit Farbstoffen, um diese Objecte im Ganzen

methoden folgen. Wir wollen dabei, da jeder Tag neue Recepte bringt, blos eine Auswahl der bewährtesten dem Leser vorführen. Auf mehr müssen wir hier in diesem Leitfaden verzichten.

Was die Vornahme der zu beschreibenden Färbungen anbelangt, so gibt es dabei fünf Wege:

1. Man färbt einen Schnitt oder ein anderes Object unter dem Deckglase, indem man einfach der Zusatzflüssigkeit einen Tropfen des sehr verdünnten (weil sonst zu undurchsichtigen) Farbstoffes zusetzt, doch kann diese Art der Färbung wegen der Ungleichmässigkeit derselben (da sie am stärksten die Randpartien, weniger stark die Centralzone des Präparates färbt) nur für in Flüssigkeiten schwimmende vereinzelte Zellen und andere kleine Körperchen behufs rascherer und deutlicherer Uebersicht über dieselben bei offenem Condensor angewendet werden. Auf diese Art können auch belebte Objecte, z. B. Insectenlarven, Würmer u. dergl. im Wasser lebende Wesen gefärbt werden.

2. Man trocknet einen Tropfen einer zu untersuchenden Flüssigkeit auf dem Deckglase (seltener auf dem Objectträger) an der Luft oder an der Spiritusflamme (respective Bunsenbrenner) ein und färbt dann durch Einlegen des Glases sammt der eingetrockneten Schichte in die Färbeflüssigkeit, ein Verfahren, welches zuerst Koch und Ehrlich bei Untersuchung von Sputis und sonstigen vitalen Absonderungen auf das Vorhandensein pathogener Mikroorganismen angewendet haben. Hat man viele solcher Färbungen



Fig. 180.

z. B. in klinischen Laboratorien vorzunehmen, so zieht man mitunter die Objectträger den Deckgläsern vor, da sie weniger zerbrechlich und leichter zu handhaben sind. Die Färbung kann man dann zweckmässig in der Weise vornehmen, dass man zwei verschieden weite, sogenannte Krystallisirschalen von 6 *cm* Höhe, welche bei Rud. Siebert, Wien, IX., Garnisonsgasse 9, in verschiedenen Weiten zu haben sind, in einander stellt, die innere durch ein Gewicht beschwert und nun in den Raum zwischen beiden Schalen die Farblösung bringt und die Objectträger hineinstellt. Das Ganze kann man dann in eine noch grössere mit Wasser gefüllte Schale bringen und in diese letztere Schale eine Glasglocke eintauchen lassen, damit Staubzutritt und rasches Austrocknen der Färbeflüssigkeit vermieden wird. Dr. A. Zimmermann in Tübingen hat diese Zusammenstellung besonders auch zum Färben der auf Objectträgern aufgeklebten Schnitte empfohlen. Deckgläschen färbt man in Tuschschalen (Blockschälchen), in Uhrgläsern, Glasdosen u. dergl. oder wie wir später hören werden, ohne Gefäss mit Hilfe einer Cornet'schen oder sonst geeigneten Deckglaszange, wie solche in diesem Leitfaden oben beschrieben worden sind. Auch Färbekästchen aus Porzellan oder Emailblech zum Einlegen der Objectträger in Nuthen sind bei obiger Firma und anderen Firmen, die mikroskopische Utensilien führen, zu haben.



Fig. 181.

3. Man färbt einen Schnitt des betreffenden Objectes durch Einlegen in ein kleines, mit der Färbeflüssigkeit gefülltes Uhrgläschen oder Glasdose oder Blockschälchen.

Fig. 180 zeigt uns verschiedene Glasschalen und Dosen, Fig. 181 ein

welche sich auch in der Pflanzenhistologie zur Hervorhebung der Zellkerne benützen lässt. Diese Lösung wird nach Hartig folgendermassen hergestellt:

Käuflicher, fein zerriebener Carmin wird mit Wasser angerührt und dann tropfenweise Ammoniakflüssigkeit zugesetzt, bis vollständige Lösung erfolgt ist. Die Lösung wird hierauf filtrirt und bis zur Trockne abgedampft. Das so erhaltene Pulver lässt sich trocken jahrelang aufbewahren und wird nach Bedarf in Wasser gelöst. Je nach der gewünschten Intensität kann man mehr weniger Carminpulver zur Lösung bringen. Die Hartig'sche Methode hat vor den anderen Carmintincturen den grossen Vortheil der Haltbarkeit voraus, färbt jedoch langsam, so dass die zu färbenden Objecte in der Lösung 24 und mehr Stunden verbleiben müssen, um gute Resultate zu erhalten. Nach der Färbung wäscht man die mit der Hartig'schen Tinctur gefärbten Objecte (Schnitte von thierischen und pflanzlichen Geweben u. dergl.) in Wasser ab, bis keine Farbe mehr abgegeben wird, und betrachtet die Objecte in verdünntem Glycerin. Schneller, nämlich oft schon in einigen Minuten, färbt nachstehende, dem Archiv von Max Schultze entlehnte Carmintinctur: Man löst 1 Gewichtstheil Carmin mit 1 Gewichtstheil Ammoniakwasser (Aqua Ammoniaci, Liqu. Ammonii, Salmiakgeist) und 3 Gewichtstheilen Aq. destill. Von dieser Lösung mischt man 1 Volumtheil mit 8 Volumtheilen einer Lösung von 1 Gewichtstheil Oxalsäure in 22 Gewichtstheilen Wasser, fügt 12 Volumtheile Alcohol. absol. hinzu und filtrirt das Ganze. Das erhaltene Filtrat kann nach Belieben durch Zusatz von Oxalsäure dem Orangerothen, durch Zusatz von Ammoniak dem Violetten genähert werden, und beide Farbennuancen dienen gleich gut zum Färben. Dieser oxalsaure Carminammoniak findet namentlich in der thierischen Histologie ausgedehnte Verwendung. Eine einfach herzustellende und rasch färbende Carminlösung, welche ich selbst benütze, stellt man nach Bachmann folgendermassen her: Man nehme 2 bis 4 *dcgr* gutes käufliches Carmin, zerreibe dasselbe möglichst fein, bringe dazu etwa 30 *gr* destillirtes Wasser und einige wenige Tropfen Ammoniak. Ein Theil des Carmins löst sich, und es wird nun das Ganze abfiltrirt. Der Rest ungelösten Carmins, der auf dem Filter zurückbleibt, kann zu späterer Benützung aufbewahrt werden. Riecht das Filtrat noch merklich nach Ammoniak, so lasse man es, behufs Entweichens des letzteren, mehrere Stunden lang offen stehen.

Der Flüssigkeit werden nunmehr 30 *gr* Glycerin und 8 bis 10 *gr* Alkohol zugesetzt und sie wird entweder unvermischt oder mit Zusatz von einigen weiteren Gramm Glycerin benützt. Sollte sich nach einiger Zeit Carmin am Boden absetzen, so dient ein Tropfen Ammoniak zu dessen Wiederauflösung. In diese Flüssigkeit bringt man nun die zu färbenden Objecte. Mit der beschriebenen Tinctur ist die Färbung nicht zu ausgedehnter und dicker Schnitte von thierischen und pflanzlichen Geweben schon in einigen Minuten vollzogen; man kann die Färbung jedoch, um die Gefahr einer Ueberfärbung zu vermeiden, durch Anwendung verdünnter Lösungen verlangsamen.

Hat das zu färbende Präparat eine gleichmässige rothe Färbung angenommen, nimmt man es aus der Färbeflüssigkeit heraus und spült es mit reinem Wasser ab, worauf man es dann auf wenige Minuten in Wasser bringt, dem einige Tropfen Eisessig (Acid. acet. glaciale) zugesetzt wurden. Die zu färbenden Schnitte müssen von der Flüssigkeit bedeckt sein. Schwimmen sie auf derselben, so muss man sie einmal auf der einen, dann auf der anderen Seite schwimmen lassen. Das Untertauchen der Schnitte durch Beschweren derselben mit Glasplatten etc. möchte ich blos bei derben Schnitten empfehlen, zartere könnten dabei leiden.

Prof. Thiersch's Lilatinctur (Boraxcarmin).

Man löst 4 Theile Borax in 56 Theilen Aqua destill. Hiezu fügt man 1 Theil Carmin und vermischt nun je einen Volumtheil des Ganzen mit 2 Volumtheilen Alcohol. absolut., worauf man filtrirt. Diese Flüssigkeit färbt etwas langsamer als die rothe oxalsaure Carmin-Ammoniak-Tinctur und bedient man sich zum Ausziehen überschüssigen Farbstoffes der Oxalsäure oder der in Weingeist gelösten Borsäure. Thiersch hat diese Lösung namentlich zur Färbung von Schnitten durch mittelst Einweichen in Chromsäure entkalkter Knochen und Knorpel empfohlen, worauf wir später noch zurückkommen werden.

Doppelfärbung und Pikrocarmin (Ranvier).

Behufs rascher Ausführung der auf S. 242 erwähnten Doppelfärbung mittelst Pikrinsäure und Carminsäuren-Ammoniak kann man, anstatt die Färbungen durch Carmin und Pikrinsäure hintereinander auszuführen, sich eine Lösung bereiten, die die Doppelfärbung auf einmal hervorbringt.

Man mache eine Lösung von Carmin in Wasser, welchem man einige Tropfen Ammoniak zugesetzt hat. Hiezu giesse man eine gesättigte Lösung von Pikrinsäure in Wasser, schüttle das Ganze öfters durcheinander und filtrire nach längerem Stehenlassen. Die Flüssigkeit muss jetzt eine dunkel-gelbrothe Färbung zeigen und kann nach Bachmann entweder concentrirt oder beliebig mit Wasser verdünnt angewendet werden. Die damit gefärbten Präparate können, mit einem Tropfen Glycerin und einem Deckglas bedeckt, der Perlustrirung unter dem Mikroskope unterzogen werden. Für histologische Zwecke empfiehlt Dr. Frey in Zürich nachstehende Vorschrift, welche ihm Baber nach den Erfahrungen von Malassez mitgetheilt hat. Nach dieser Vorschrift mischt man 1 *gr* Carmin, 4 *ccm* Ammoniakflüssigkeit und 200 *ccm* Aq. destill. und setzt 5 *gr* Pikrinsäure hinzu. Dann schüttelt man und decantirt, so dass der nicht gelöste Ueberschuss der Pikrinsäure im Glase zurückbleibt. Die abgegossene Flüssigkeit wird einige Tage stehen gelassen, wobei man öfters umschüttelt. Hierauf bringt man sie in eine flache Schale und setzt sie an der Luft (vor Staub geschützt) der Verdunstung aus. Es dauert mehrere Wochen, bis die Flüssigkeit verdunstet und ein rothes Pulver zurückgeblieben ist. Dieses wird mit der 50fachen Gewichtsmenge Wasser angemacht und nach einigen Tagen durch eine doppelte Lage Filtrirpapier filtrirt. Die Flüssigkeit muss jetzt gelblichroth sein, ohne Geruch nach Ammoniak. Ein Tropfen auf weissem Filtrirpapier muss eingetrocknet einen gelben, rothgeränderten Fleck geben. Um diese so mühsam [illegible]zustellende Tinctur vor Zersetzung zu schützen, thut man gut, einige [illegible]n reinster Carbolsäurelösung zuzusetzen.

[illegible] beschriebene Pikrocarmintinctur lohnt ihre umständliche Herstellung [illegible]rtreffliche Färbungsresultate.

[illegible]nes Wissens erhält man ein trockenes Pikrocarminpulver, welches [illegible]tz eines Tropfens Ammoniak in 100 Theilen Wasser sich vollkommen [illegible] bei Rud. Siebert, doch fehlen mir hierüber, sowie über das eben[illegible]emselben erhältliche saure Pikrocarmin nach Schweigger-Seidel [illegible]hrungen. Es gibt noch einige Recepte zur Herstellung einer brauch[illegible]rmintinctur, welche wir hier übergehen zu können glauben. [illegible] die Färbung, so lange nur eine Spur von Ammoniak in der [illegible]ts zu roth ausfallen und die differenzirende Doppelfärbung [illegible]treten. Deshalb empfiehlt Neumann die in der Pikrocarmin[illegible]n Präparate nach Auswaschen in Wasser auf eine halbe Stunde [illegible]n, welches 100 Gewichtstheile Glycerin mit 1 Gewichtstheil [illegible]lt, zu bringen. Durch die hiedurch hervorgerufene Neutrali-

sation des basischen Ammoniak wird der rothe Farbstoff aus den protoplasmatischen und Zwischensubstanzen entfernt, und diese treten dann schön gelb gefärbt hervor, während die Nuclearformationen schön roth erscheinen.

Durch das Pikrocarmin erscheinen Hornsubstanzen, glatte Muskelfasern etc. gelb gefärbt und werden daher von dem schwach roth gefärbten Bindegewebe und den intensiv rothen Zellkernen leicht zu unterscheiden sein. Dr. Friedländer in Berlin erzählt uns in seiner „Mikroskopischen Technik zum Gebrauche bei medicinischen und pathologisch-anatomischen Untersuchungen“,[1]) dass ihm die Entdeckung der Tuberkel in den scrophulösen Granulationen, im Lupusgewebe etc. sehr erleichtert worden sei, wenn er die mikroskopisch zu untersuchenden Objecte mit Pikrocarmin färbte. (S. 36 der alten Auflage 1884.)

Thiersch's Indigo-Carmin für Blaufärbung.

Man löst auf in 30 Theilen Aqu. destill. 1 Theil Oxalsäure; in diese Lösung trägt man so viel Indigo (das käufliche indigo-schwefelsaure Kali) ein, als die Oxalsäurelösung aufzunehmen vermag. Hierauf filtrirt man und verdünnt mit Alkohol. Diese Lösung färbt sehr rasch und intensiv blau.

Grenacher's Alaun-Carminfärbung.

Eine Lösung von 5 *gr* Alaun in 100 *gr* Aqu. destill. wird im Sandbade bis zum Aufkochen erwärmt, worauf man 1 *gr* Carminpulver zusetzt und noch 20 Minuten lang kochen lässt. Nach Hinwegnahme der Spirituslampe rührt man mit einem Glasstabe um, bis die Lösung Zimmertemperatur angenommen hat. Hierauf wird mit gutem Filtrirpapier (am besten zweimal) filtrirt und in gut verschlossener Glasstöpselflasche aufbewahrt. Man legt in diese Lösung die Objecte je nach ihrem Volumen auf 5 bis 15 Minuten ein und erhält eine nahezu isolirte Färbung der Nuclearformationen (Zellkerne). Die Färbung ist röthlich-violett.

Eine Abänderung hat Prof. Csokor eingeführt. Er verwendet statt des käuflichen Carmins dessen Muttersubstanz Cochenille, welche er auf folgende Weise behandelt:

1 Gewichtstheil feinpulverisirte Cochenille wird mit 1 Gewichtstheil Alaun in 100 Gewichtstheilen Wasser erwärmt und bis auf die Hälfte des ursprünglichen Volumens eingedampft; sohin setzt man etwas Phenol hinzu, um das Schimmeln zu verhüten, und filtrirt. Dr. Karl Friedländer lobt diese Färbeflüssigkeit sehr und betont, dass er dieselbe gerne zur gleichzeitigen Färbung von Kernen (Nuclearformationen) und Axencylindern in mikroskopisch zu untersuchenden Schnitten des Centralnervensystems verwendet. Die Härtung hat mittelst Chromsalzlösungen (siehe oben bei den Schnittmethoden) zu erfolgen. Die so gewonnenen Schnitte zeigen nach circa 24stündigem Verweilen in der Csokor'schen Lösung eine Art Doppelfärbung und erscheinen die Kerne mehr violett, die Axencylinder mehr carminroth gefärbt.

Orth's Lithion-Carmin.

In 100 *gr* einer gesättigten wässerigen Lösung von Lithion carbonicum trägt man $2^1/_2$ *gr* Carminpulver unter stetem Umrühren ein und filtrirt. Die Färbung bedarf blos einiger Minuten; dann wäscht man die Schnitte in $70^0/_0$igem, mit 1 Gewichtspercent Acid. mur. conc. versetzten Alkohol ab. Alles wird farblos, blos die Nuclearformationen heben sich von dem übrigen Gewebe prachtvoll ab.

---

[1]) Von diesem Werke ist 1900 die von Prof. Dr. C. J. Eberth bearbeitete sechste Auflage bei Fischer (H. Kornfeld) in Berlin erschienen.

Diese Lösung füllt man, meinen Erfahrungen nach, am besten in ein Fläschchen mit einem in den Stöpsel eingeführten kleinen Trichter. In diesen gibt man zum Schutze gegen Staub einen Wattapfropf und lässt eine Woche und länger stehen, worauf die Lösung ihre volle färbende Kraft erreicht. Nach Dr. Friedländer wäscht man einen in diese Lösung auf einige Minuten eingelegten Schnitt in destillirtem Wasser gut aus, wobei er einen schönen, blauen Ton annimmt und worauf eine schöne Färbung der Kerne des Präparates erfolgt sein wird; auch färben sich Bakterien sehr intensiv. Eine etwaige Ueberfärbung kann durch nachheriges Einlegen in angesäuerten (salzsauren) Alkohol paralysirt werden.

Delafield's Hämatoxylin.

a	Hämatoxylin, krystallisirt	4·00 *gr*
	Alkohol absolut	25 *ccm*
b	Ammoniakalaun	36·00 *gr*
	Wasser, destillirt	400 *ccm*
c	Glycerin	100 „
	Methylalkohol	100 „

Die Lösungen *a*, *b* und *c* stellt man getrennt ohne Erwärmen dar und vermischt zunächst *a* mit *b*. Dann lässt man das Gemisch 3 bis 4 Tage offen am Lichte stehen, filtrirt und fügt *c* zu, worauf man die Flüssigkeit so lange stehen lässt, bis sie eine dunkelbordeauxrothe Farbe angenommen hat.

Die Lösung wird nämlich nach einigen Tagen tiefdunkel, worauf nochmals filtrirt und in festverschlossener Flasche (als bei Gebrauch nach Bedarf mit Aqu. dest. zu verdünnende Vorrathslösung) aufbewahrt wird.

Durch nachträgliches Einlegen in eine concentrirte Lösung von Pikrinsäure kann man eine schöne Doppelfärbung erzielen. Die Zellkerne, sowie die meisten Schizomyceten färben sich dann schön blauviolett, die protoplasmatischen Substanzen dagegen gelb.

Eine Dreifachfärbung wird nach Flemming erzielt, wenn man ein Object (z. B. einen Schnitt durch die Haut des Menschen mit den Haaren) auf 24 Stunden in eine mittelstarke Pikrocarminlösung legt und dann in Delafield's Hämatoxylin nachfärbt, bis nach Auswaschen in Alkohol das Bindegewebe schön rosa, die Muskeln und Zellen röthlichgelb, die Zellkerne dunkelroth und violett, die Hornsubstanz des Haares gelb, die innere Wurzelscheide hellblau und das Stratum lucidum grün erscheint. Andere Dreifachfärbungen ergeben sich mit Hilfe der erst zu besprechenden

Anilinfarbstoffe.

Die grosse Bedeutung der Theerfarbstoffe für die Mikroskopie ist insbesondere in den letzten Jahrzehnten, am meisten im jüngstvergangenen, durch die epochalen Entdeckungen Koch's und anderer Bakterienforscher und die treffliche Färbetechnik eines Weigert, eines Ehrlich, eines Ziehl u. A. m. hervorgetreten, doch schon Haustein hat 1868 das Fuchsin-Methylviolett, ein Anilingemisch aus gleichen Gewichtstheilen Fuchsin- und Methylviolett, zu mikroskopischen Tinctionen angewendet. Seither sind zahlreiche Anilinfarbstoffe in den Handel gekommen, und fast alle wurden mit mehr weniger Erfolg in der mikroskopischen Technik verwerthet. Die meisten dieser Farbstoffe haben das Gemeinsame, dass sie sehr lichtempfindlich sind und leider im Lichte verblassen; deshalb ist es vorsichtig, mit Anilin gefärbte Präparate nicht allzu lange dem Tageslichte auszusetzen.

Sämmtliche Anilinfarbstoffe lassen sich nach ihrer Löslichkeit aber in drei Gruppen scheiden:

1. wasserlösliche;
2. alkohollösliche;
3. sowohl in Wasser als in Alkohol lösliche.

Die dritte Gruppe ist am zahlreichsten vertreten. Bei unseren Arbeiten werden wir meistens die zur Lösung nöthige Flüssigkeit und deren Menge kennen müssen.

Die meisten Tinctionsmaterialien, sowie auch fertige Lösungen sind bei Rudolf Siebert in Wien, Dr. Grübler in Leipzig u. a. m. in trefflicher Qualität zu haben, insbesondere die Anilinfarbstoffe; doch sind letztere mitunter in genügender Reinheit auch in besseren Material- und Farbwaarengeschäften der Provinz erhältlich.

Alle gebräuchlichen Anilinfärbemethoden hier aufzuzählen, wäre dem Zwecke dieses Leitfadens nicht entsprechend; die bewährtesten unter den neueren Methoden sollen jedoch vollständig beschrieben werden. In der allgemeinen Einleitung über die Tinctionsmethoden haben wir des Principes der maximalen Entfärbung Erwähnung gethan, welches gestattet, blos Zellkerne und kleine, in Geweben zerstreute Körperchen durch intensive Färbung in ungefärbter Umgebung hervortreten zu lassen (namentlich wenn man sich eines Condensors oder Abbé'schen Beleuchtungsapparates mit weiten Blenden bedient); hier weisen wir darauf hin, dass dieses allerdings auch bei anderen Farbstoffen (z. B. Carmin) durchgeführte Princip seine schönsten Erfolge in Anwendung auf Anilinfarbstoffe erzielt hat.

Es gibt aber auch Anilinfarbstoffe, welche zu einer solchen Färbung nicht verwendbar sind; sie färben nämlich nicht blos die Kerne, sondern auch die protoplasmatischen Substanzen so intensiv, dass sie sich nachher weder durch Säuren noch durch Lösungsmittel ohne Gefährdung des ganzen Präparates entfernen lassen. Wir sehen also, dass sich die Anilinfarbstoffe in zwei weitere Gruppen theilen lassen:

1. kernfärbende, „specifisch" färbende,
2. solche, welche das ganze Zellgerüste mitfärben („diffus" färbende).

Die sub 1. genannten verhalten sich zu Säuren ähnlich wie die Basen: sie bilden mit ihnen neue, neutrale und meist leichter lösliche Verbindungen, welche Eigenschaft eben zur Entfernung aus dem Protoplasma oder aus dem gesammten Gewebe benützt wird, während die Zellkerne oder Bakterien den Farbstoff zähe festhalten und daher gefärbt bleiben, wenn man nicht zu starke Säuren oder zu langes Verbleiben in Lösungsmitteln auf die gefärbten Objecte einwirken lässt.

Wegen dieses den Basen ähnlichen Verhaltens der kernfärbenden Theer-ben nennt man dieselben auch basische: die häufigst angewendeten und ährtesten sind: Fuchsin, Gentianviolett, Methylviolett, Methylen-, Dahlia, Magdalaroth, Malachitgrün, Methylgrün, Vesuvin und e mehr. Von der Gruppe 2 werden am häufigsten verwendet: Pikrin-, Eosin, Nigrosin und Anilinblau: letzteres muss sich leicht in er lösen.

le diese Lösungen färben sowohl die Kernsubstanzen, als auch das ma; doch färben sie manche Substanzen, zu denen sie eine grössere chaft zu haben scheinen, dauerhafter, das heisst nach möglichstem bleiben diese Substanzen, wenn es auch nicht gerade Zellkerne nsiver gefärbt.

wollen hier vor Allem die kernfärbenden Anilintinctionen be-

Fuchsin, Gentianviolett, Methylviolett, Methylenblau, Vesuvin oder Bismarckbraun.[1]

Sie lösen sich sowohl in Wasser, als auch in Alkohol. Am besten hält man eine Lösung von 1 *gr* in 100 *gr* 50%igem Alkohol vorräthig, welche man von Zeit zu Zeit filtrirt oder bei Anwendung durch einen kleinen Filtrirtrichter direct in das zur Färbung bestimmte Uhrglas, Porzellanschälchen oder in die Glasdose hineintropft, in welches man vorher das zehnfache Volumen Wasser gegeben hat.[2]

Safranin (hochroth).

Alcohol. absolut.
Aqu. dest. āā . . . . . . 50·00
Safranin . . . . 0·03

Nach tagelangem Stehenlassen filtrirt man.

Corallin (hellroth).

Man löst in 100 *ccm* Wasser 25 *gr* kohlensaures Natron auf und trägt in diese Lösung 1 *gr* Corallin ein. Nach halbtägigem Stehenlassen filtrirt man.

Essigsaures Methylgrün (Strassburger).

Acid. acet. glacial.	1·00
Aq. dest.	100·00
Methylgrün	2·00

Auch die letztangeführten Lösungen gelangen nicht immer concentrirt zur Anwendung; bei Studien von Zellkernen in sehr zarten Geweben wird man gut thun, sie bis auf das Zehnfache ihres Volumens mit Wasser zu verdünnen. Bei Untersuchungen von leicht quellenden Substanzen, z. B. Mehl auf Mutterkorn, wird man den Lösungen mit Vortheil Glycerin zusetzen. So empfiehlt Dr. Hermann Hager als sogenanntes Fluid-Fuchsin: 4 Theile einer Lösung von 1 *gr* Fuchsin in 100 Alcoh. abs. mit 50 Theilen Glycerin, welches 40% Wasser enthält; als sogenanntes Dilut-Fuchsin eine Mischung aus 30 Theilen des erwähnten Fluid-Fuchsins mit 50 Theilen reinem Glycerin und 20 Theilen Wasser — zu verschiedenen Untersuchungen.

Alle diese Färbelösungen haben im Allgemeinen ähnliche Eigenschaften: sie färben die in sie eingelegten Objecte nach wenigen Minuten äusserst intensiv. Wäscht man den aus der Färbelösung herausgehobenen Gegenstand in Wasser nur sehr oberflächlich aus und betrachtet ihn sofort im Wassertropfen unter dem Mikroskope, so findet man eine fast vollständig diffuse, gleichartige Färbung: benützt man dagegen zum Waschen eine Mischung von 5 Alkohol (von 96%) mit 100 Wasser, so wird man sehen, wie intensiv sich die Waschflüssigkeit färbt: jede Bewegung mit der Hand löst vom Objecte ganze Wolken von Farbstoff ab. Hört diese Farbeabgabe auf, so ist die Entfärbung beendet, und wenn man nun das Object unter dem Mikroskope etwa nach Hinwegnahme aller Blenden oder bei Benützung eines mit weiter Blende versehenen Condensors oder

---

[1]) Vesuvin (Bismarckbraun) steht den diffus färbenden Färbemitteln am nächsten. Es färbt Bakterien nur schlecht, dagegen sehr gut Hefezellen u. dergl. Immerhin wird es zu den kernfärbenden Farbstoffen gezählt.

[2]) Man tropft z. B. in die Glasdose 50 Tropfen Wasser und 5 Tropfen alkoholischer Gentianaviolett- oder Fuchsinlösung. In die Glasdose kommt dann das zu färbende Object, z. B. ein Schnitt. Schnitte bedürfen zur Durchfärbung 15 Minuten bis zu 12 Stunden. Manche Organe färbt man „in toto" oder in Stücken vor dem Schneiden, in welchem Falle natürlich viele Stunden, bis Tage, zur Durchfärbung nothwendig sind. Der Praktiker wird indessen besser thun, stets blos gelungene Schnitte zu färben.

Abbé'schen Beleuchtungsapparates betrachtet, so wird man sehen, dass in dem Objecte blos die Zellkerne gefärbt, die protoplasmatische Substanz aber ungefärbt oder doch sehr blass erscheint. Etwa im Präparate vorhandene Pilze, also z. B. Schimmelfäden (Mycelien), Mutterkornpartikelchen im Mehle u. dergl., erscheinen ebenfalls intensiv gefärbt, ebenso die Bakterien. Ueber die besonders ausgebildete Färbetechnik der letzteren, bei welcher man trachtet, nur die Bakterien zu färben, also auch die Zellkerne maximal zu entfärben, mitunter, um sie anders färben zu können, wird unten ausführlicher gesprochen werden. Hier haben wir es zunächst mit der blossen Thatsache der Kernfärbung zu thun. Wozu nützt diese, wenn wir von der rein akademischen Anwendung zur Erleichterung des Verständnisses des histologischen Aufbaues der untersuchten Objecte absehen? Weshalb muss der Praktiker sich mit Färbemethoden befassen? Die Antwort auf diese Frage lautet: Die Färbung kann eine diagnostische Bedeutung haben! Weigert hat entdeckt, dass bei vielen kranken Geweben, welche er nach Färbung untersuchte, die Zellkerne ungefärbt erschienen, obgleich dieselbe Färbeflüssigkeit in gesunden Geweben die Zellkerne deutlich hervortreten liess. Alsbald sah er, dass in jenen kranken Geweben die Mehrzahl der Zellen kernlos war; da die Zellen keinen Kern hatten, konnte sich der Kern nicht färben; da bei normal (das heisst also nicht mit Säuren) angesetzten Färbelösungen gesunde Gewebe keine oder wenig „kernlose Zellen" zeigten, so schloss Weigert daraus, dass die Kernlosigkeit eine Folge der Erkrankung und daher auch ein wichtiges, mikroskopisch erkennbares Symptom, respective Kriterium derselben sei.

Man fand kernlose Zellen bei Niereninfarcten und bei Chromvergiftung in der Niere, bei Blattern in den tiefen Schichten der Epidermis, bei Diphtheritis in den infiltrirten Geweben etc. — Cohnheim, welcher der Sache weiter auf den Grund ging, fand alsbald, dass wegen mangelhafter Ernährung abgestorbene „nekrotische" Gewebe das Phänomen der kernlosen Zellen am häufigsten zeigten, dabei wies das Protoplasma dieser Zellen ein erhöhtes Lichtbrechungsvermögen auf, es war homogen und glänzend — wie ein Fetttropfen — der Zellkern schien mit dem Protoplasma in eine Substanz zusammengeflossen (sogenannte Coagulationsnekrose). Die mikroskopische Untersuchung kann hier also — vorsichtig, das heisst mit neutralen Färbe- und Waschflüssigkeiten ausgeführt — mancherlei Aufklärung zweifelhafter Fälle bewirken und hat also für den Praktiker ganz gewiss grosse Bedeutung. Allerdings bemerkt Dr. Karl Friedländer in Berlin warnend, dass nicht jede Zelle, deren Kern nicht nachzuweisen ist, gleich als nekrotisch angesehen werden dürfe, da sich namentlich Epithelzellkerne schwerer färben und bei Anwesenheit kleinster Säuremengen farblos bleiben können. Weiters macht Dr. Friedländer aufmerksam, dass, ehe der Kern vollständig schwindet, an seiner Stelle kleine, intensiv gefärbte Körnchen sich vorfinden, die man wohl als Zerfallsproducte des Kernes ansehen darf, die aber von Ungeübten oft fälschlich für Mikrococcen gehalten werden; sie unterscheiden sich aber von den Coccen durch ihre variable Grösse. Wir müssen derlei Beispiele anführen, weil sie das Verständniss der Wichtigkeit unseres mikroskopischen Faches für den Arzt, den Thierarzt und den Fleischbeschauer darthun und, insoferne diese drei Berufsclassen aus den eingangs dieser Arbeit erwähnten Gründen sich oft an den Apotheker um Durchführung mikroskopischer Arbeiten aus ihrem Gebiete wenden dürften, auch für den mikroskopirenden Pharmaceuten wissenswerth sind, also für weitere Kreise mikroskopirenden Praktiker Interesse haben.

Fortfahrend, weisen wir darauf hin, dass sich mit den gedachten kernfärbenden Theerfarbstoffen ausser dem Kern der Zellen auch andere im Protoplasma eingelagerte Körnchen färben, ja dass ausnahmsweise sich auch gewisse

Zellen ganz färben (also nicht nur der Kern, sondern auch das Protoplasma), und wieder macht man von dieser Thatsache mitunter am Krankenbette diagnostischen Gebrauch. Es sind dies die sogenannten Mastzellen (grosse, aufgeblähte Zellkörper), welche mit der „Mästung" nichts zu thun haben, selbst aber wie „gemästet" aussehen; insoferne ja jede Zelle ihr eigenes Leben als Element des Organismus hat, ist dieser von Ehrlich eingebürgerte Terminus technicus gar nicht so unpassend. Diese auffallend grossen Zellen bestehen aus einem grobkörnigen Protoplasma, dessen Körner sich mit basischen Anilinfarben intensiv färben; stets bleibt der Kern ungefärbt und tritt als heller Fleck in der Mitte des intensiv gefärbten Protoplasmas hervor. Wir haben also hier eine Umkehrung der Kernfärbung: Mastzellen werden von kernfärbenden Anilinsubstanzen nur im Protoplasma gefärbt; ein Kern ist da (also nicht mit dem Phänomen der kernlosen Zelle zu verwechseln), aber er färbt sich nicht, er muss also anders beschaffen sein als der Kern normaler Zellen. Wo finden sich nun solche Mastzellen? In normalen, gesunden Geweben, in den Schleimhäuten, im Bindegewebe, im submucösen Gewebe u. s. w. oft reichlich, aber nicht in Gruppen, sondern vereinzelt; in Massen dagegen finden sich solche Mastzellen bei langsam entstehenden Neubildungen, in der Umgebung von krebsartigen Wucherungen; im Uebrigen ist dies freilich ein controverses Gebiet, auf welches wir hier blos beispielsweise hinweisen mussten, um die Bedeutung der Tinctionsmethoden auch für die Diagnostik darzulegen. Eine weitere Verwendung zur Diagnose finden die Anilinfarbstoffe, insbesondere die violetten (Gentiana und Methylviolett), behufs Erkennung eines häufigen Degenerationsprocesses im menschlichen und thierischen Körper, der sogenannten amyloiden Degeneration.

Die Amyloidreaction mancher Anilinfarbstoffe.

An dieser Reaction haben wir gleich ein Beispiel, dass auch bei den eigentlichen Tinctionen chemische Reactionen intercurriren. Wir müssen uns fragen: Was ist „Amyloid"?

Die „amyloide", das ist „stärkeähnliche" Substanz hat trotz ihres Namens mit der Stärke nichts gemein — als dass sie mit Schwefelsäure und Jod behandelt blau wird, ähnlich wie Stärke mit Jod allein.[1]) Im Uebrigen ist die amyloide Substanz ein den Eiweisskörpern nahestehender Stoff von hohem Stickstoffgehalte, welcher im menschlichen und thierischen Körper bei Degenerationsprocessen als Umwandlungsproduct der ursprünglichen normalen Substanz entsteht, und wir sprechen in solchen Fällen von „amyloider Degeneration". Solche Degeneration findet sich in den glatten Muskeln der Blutgefässe, in der Gerüstsubstanz und den homogenen Organen der Niere, Milz und Leber und in Form der sogenannten „Corpora amylacea" im Gehirn.

Legt man nun ein Stückchen, respective einen Schnitt von Organen, die man der amyloiden Degeneration für verfallen verdächtigt, in eine Lösung von 1 Methyl- oder Gentianaviolett auf 100 Wasser auf einige Minuten ein, nimmt es heraus, wäscht es (nicht in Alkohol!) in einer Mischung von 1 Acid. hydrochlor. auf 100 Wasser aus und untersucht in einem Tropfen säurefreien Glycerins, so sehen wir, dass, wie zuerst Heschl, Jürgens und Cornil entdeckt hatten, die amyloide Substanz roth, die normalgebliebene Substanz dagegen blauviolett erscheint. Zu bemerken ist, dass die im Harne von Nierenkranken vorkommenden Harncylinder eine ähnliche Reaction zeigen.

[1]) Jod färbt für sich allein die amyloide Substanz braunroth, das übrige Gewebe hellgelb. Zu dieser Reaction dient die Lugol'sche Lösung: Jod 1, Jodkali 2, Wasser 100 und (nach Dr. Friedländer-Eberth) Glycerin 25.

fixiren, und zwar indem man für Amidofarben .... eine Beize[1]) von Gerbstoff, dann Brechweinstein benützt, Oxyazofarben wie Ponceau etc. aber mit Zinnchlorid fixirt."

Anfangs hält er also jede „Farbbeize" (sogar Carminammoniak, Hämatoxylin und Alkoholfuchsin) für pharmacognostische Zwecke für minder geeignet, da sie nach seiner Meinung theils das Object zu sehr verändern, theils keine Differentialfärbung zulassen, zum Schlusse seiner Arbeit schlägt er aber als Fixirungsmittel dennoch Beizen vor. Von den erwähnten Widersprüchen abgesehen, enthält Vinassa's Arbeit offenbar viel Originelles und Werthvolles. Seine Methode schildert Vinassa wie folgt: „Behufs Vorbereitung zum Färben wurde eine grössere Anzahl Schnitte, wie sie das Mikrotom lieferte, also ohne vorherige Auswahl, mit etwas Natronlauge ausgekocht, um die Stärke etc. zu beseitigen, dann mit viel Wasser ausgewaschen, eventuell unter Zusatz von etwas Essigsäure, und im Trichter abtropfen gelassen. Es ist unbedingt erforderlich, dass das Protoplasma gelöst sei und man nur mit dem Gewebe zu arbeiten habe, denn es schlagen sich diejenigen Farbstoffe, welche sonst nur die verdickten Zellwände färben, auch im abgestorbenen Protoplasma nieder, während die feinen Zellwände nicht tingirt erscheinen. Das Färben wird auf folgende Weise vorgenommen: In einer Porzellanschale wird eine ungefähr $^1/_2$ bis $1^0/_0$ige Tinctionsflüssigkeit handwarm gemacht, und in diese werden die Schnitte einige Minuten — meist sind schon 2 bis 3 Minuten genügend — gelegt. Hernach werden sie herausgefischt, in eine gewöhnliche ‚Theekugel' eingesperrt und unter constantem Wasserstrahl vollständig ausgewaschen, so lange, bis kein Farbstoff mehr in's Wasser übergeht. Das Auswaschen muss so lange fortgesetzt werden, um ein späteres Färben der Gelatine[2]) zu verhüten. Beim Auswaschen der Schnitte hat man selbstverständlich darauf zu achten, dass der Strahl nicht zu heftig auf die Theekugel fällt, da sonst ein Zerreissen der feinen Gewebe zu leicht eintritt. Eine andere Methode, welche nur den Zweck verfolgt, die Gewebetheile zu

---

[1]) Auf der Anwendung von Beizen beruhen auch die sogenannten „adjectiven Färbungen", welche für den Praktiker wohl entbehrlich sein dürften, in der Forschung aber zur Färbung verschiedener Organe und insbesondere der Axencylinder der Nerven Anwendung finden. Der Gegensatz hiezu sind die bisher besprochenen Färbungsmethoden ohne Beize, „substantive Färbungen". Ein Beispiel einer adjectiven Färbemethode ist die neue Eisenhämatoxylinmethode von Benda. Bei dieser werden die Schnitte zunächst in Liquor ferri sulfur. oxydati (in Apotheken zu haben), welchen man mit 1 bis 2 Volumina Aqu. dest. verdünnt hat, durch 24 Stunden gebeizt; dann werden die Schnitte in Regenwasser lange und sorgfältig ausgewässert, hierauf in eine $1^0/_0$ige wässerige Hämatoxylinlösung eingelegt, bis sie schwarz sind, dann wieder etwas ausgewässert und dann mit $15^0/_0$igem Acid. acet. behandelt, wodurch eine schöne Differenzirung eintritt. Eine andere Methode ist Benda's Kupferhämatoxylinfärbung. Diese setzt eine besondere Fixirung voraus, nämlich mit Flemming'scher Lösung (Osmiumsäure von $2^0/_0$ 4, Acid. acet. glac. 1, Chromsäure von $1^0/_0$ 1·5 Theile), worauf die Objecte auf 24 Stunden bei 40° C. in concentrirter wässeriger Lösung von neutralem essigsauren Kupferoxyd verweilen, dann gewaschen werden und darauf so lange in wässeriger $1^0/_0$iger Hämatoxylinlösung bleiben, bis sie dunkelgrau sind. Hierauf kommen die Objecte in Salzsäure 1:350, bis sie hellgelb erscheinen. Hierauf kommen sie wieder in die Kupferlösung, bis sie blaugrau erscheinen, werden gewaschen und in absolutem Alkohol entwässert, in Xylol, Nelkenöl, Cedern- oder Origanumöl aufgehellt und in Canadabalsam untersucht. Aehnlich ist die adjective Kupferhämatoxylinfärbung Weigert's für das Centralnervensystem, doch können wir leider in diesem Leitfaden nicht auf alle speciell für rein theoretische Untersuchungen bestimmte Färbemethoden eingehen. Sie sind in erschöpfender Weise in Dr. Friedländer-Eberth's „Mikroskopische Technik zum Gebrauch bei medicinischen und pathologisch-anatomischen Untersuchungen" dargestellt. Für unsere Zwecke genügen Beispiele, wie wir sie anführen mussten, um auch dem Praktiker zu zeigen, was adjective Färbungen sind.

[2]) Dr. Vinassa benützt als Einschlussmittel Glyceringelatine, wie dies viele Botaniker thun; von diesen und anderen Einschlussmitteln zur Conservirung von mikroskopischen Objecten als sogenannte Dauerpräparate werden wir weiter unten handeln.

differenziren, wobei also nur die einen Elemente stärker als die anderen gefärbt erscheinen, ist folgende: Die gut ausgekochten Schnitte werden in eine sehr stark verdünnte Tinctionsflüssigkeit gelegt, welche bis zum ersten Blasenwerfen erwärmt wurde. Darin nun lässt man die Schnitte so lange liegen, bis die Farbe der Flüssigkeit fast ganz verschwunden ist und die Schnitte dunkler gefärbt erscheinen als die Lösung, worauf sie ebenfalls in einer Drahtkugel unter Wasser gut ausgewaschen werden." — Für Doppelfärbungen gibt Dr. Vinassa folgende Methode an: „Es wird zuerst der Schnitt in jene Tinctionsflüssigkeit gelegt, welche das verdickte Zellgewebe färbt; hierauf muss das Präparat stark ausgewaschen werden und kommt erst dann in das etwas alkalische, auf 100° C. erwärmte Bad, in welchem sich die Farbe für das Parenchym befindet." — Die der Arbeit beigegebenen Tabellen enthalten nun eben eine Zusammenstellung der meisten Anilinfarbstoffe in ihrem Verhalten zu Pflanzengeweben, und dies ist der schätzenswertheste Theil der Arbeit Vinassa's. Wegen der Wichtigkeit für die pharmacognostische Mikroskopie können wir nicht umhin, als Beispiel einen Auszug aus den Tabellen des Dr. Vinassa zu geben.

Tabelle I gibt das Verhalten der auch ihrer Provenienz nach angeführten Farbstoffe zu Fixirmitteln im färbetechnischen Sinne zu Säuren, Alkalien, ferner die allgemeine „Farbe" des Farbstoffes und dessen specifische Färbewirkung auf die Gewebe der Pflanzen.

Tabelle I.

Name	Nr.[1]	Provenienz	Fixirbar mittelst	Verhalten zu Säuren	Verhalten zu Alkalien	Farbe	Färbung des mikroskopischen Präparates
Safranin „T"	263	Badner Anilin- u. Soda-fabrik	Tannin	Mit H Cl blauviolette Lösung	Mit Na O H braunrother Niederschlag	roth	Färbt Gefässe kirschroth, Parenchym braunroth
Vesuvin	25	detto	detto	Mit H Cl unverändert	Mit Na O H brauner Niederschlag	braun	Färbt die verdickten Zellwände schön braun
Delta-purpurin	Ohne	detto	substantiv	Mit H Cl braune Lösung	Mit Na O H braunrother Niederschlag	rothbraun	Färbt lockeres Zellgewebe schön rothbraun, nicht aber die verdickten Zellen
Methylenblau	256	detto	detto	Mit H Cl unverändert	Mit Na O H violetter Niederschlag	blau	Färbt verdickte Zellen blaugrün
Eosin	219	detto	mit Bleiacetat	Mit H Cl rother Niederschlag	Mit Na O H Farbe nicht verändert, es verschwindet die Fluorescenz	roth	Färbt Gefässe roth, leicht auswaschbar
Solidgrün in Krystallen	168	detto	subject.	Mit H Cl gelbe Färbung	Mit Na O H grünlicher Niederschlag	blaugrün	Färbt Gefässe und verdickte Zellen prachtvoll blaugrün

[1]) Um nicht die chemische Formel anführen zu müssen, gibt Dr. Vinassa blos die Nummer an, welche der betreffende Farbstoff in Schultz' und Julius' „Tabellarische Uebersicht der künstl. organ. Farbstoffe" hat.

Name	Nr.	Provenienz	Fixirbar mittelst	Verhalten zu Säuren	Verhalten zu Alkalien	Farbe	Färbung des mikroskopischen Präparates
Benzo-purpurin „B"	139	Badner Anilin-u. Soda-fabrik	sub-stantiv	Mit H Cl brauner Niederschlag	Mit Na O H unverändert	braun-roth	Färbt Parenchym schön braunroth. Gefässe etc. nicht
Brillantgelb	151	detto	detto	Mit H Cl dunkelvio-letter Nieder-schlag	Mit Na O H gelbrothe Färbung	gelb	Färbt dickwan-dige Zellen orangegelb
Azoviolett	148	detto	detto	Mit H Cl blau-violetter Niederschlag	Mit Na O H fuchsinroth	violett	Färbt blos das Parenchym vio-lett
Salpetersau-res Chrysoidin in Krystallen	Ohne	detto	detto	Mit H Cl orangefarben	Mit Na O H gelb	dunkel-gelb	Färbt verdickte Zellen schön gelb
Erythrosin	223	detto	Blei-acetat	Mit H Cl röth-licher Niederschlag	Mit Na O H unverändert	hellroth	Färbt alle Zell-gewebe rothgelb

Die von Vinassa seiner Arbeit beigegebene Tabelle II gibt eine Uebersicht des chemischen Charakters des betreffenden Anilinfarbstoffes, dessen mikroskopisches Verhalten (wie in der letzten Rubrik der Tabelle I) und dessen für uns minder relevantes Verhalten bei technischer Anwendung, z. B. zur Seiden- und Baumwollfärbung. Im Folgenden eine Probe:

Tabelle II.

Farbstoff	Chemisch	Mikroskopisch	Technisch
Phloxin	Resorcinfarbe	Färbt verdickte Zellen roth (nicht haltbar)	Färbt Seide und Wolle ohne Beize, Baumwolle mit Bleiacetat
Deltapurpurin	Amidotetrazofarbe	Färbt parenchymatisches Gewebe schön roth	Färbt Baumwolle direct ohne Beize subjectiv
Benzo-purpurin B	Amidotetrazofarbe	Färbt parenchymatisches Gewebe braunroth	Färbt Baumwolle roth (im Seifenbade

Wir sehen hier also das technische und das mikroskopische Verhalten gewissermassen in eine Relation gebracht, es ist aber nicht unsere Sache, darauf näher einzugehen.

Will man nun nach Vinassa eine zweifache Färbung durchführen, so nimmt man zwei recht abstechende und in ihrem Verhalten zum Pflanzengewebe differenzirte Farben, z. B. Solidgrün und Deltapurpurin; die Gefässe etc. werden prachtvoll grün, das Parenchym roth tingirt. Bei zu färbenden Wurzelquerschnitten der Monokotyledones erzielt man eine sehr deutliche Differenzirung der Gewebselemente, die grüne Kernscheide hebt sich prachtvoll von dem rothen Grunde ab. Dr. Vinassa empfiehlt ferner die Combination von Chrysoidinen mit einem Purpurin. So erscheinen damit bei Strychnos nux vomica die äusseren Zellschichten vom Chrysoïdin bräunlichgelb, die inneren durch Purpurin roth oder durch Benzoazurin violett gefärbt. Bei Radix Peregiae erhielt Vinassa mit Methylenblau und Purpurin treffliche Bilder Kartoffel- und überhaupt Schnitte von stärkemehlhältigen Knollen kocht man

Nach der in einigen Minuten beendeten Färbung wird der Schnitt in destillirtem Wasser mit einigem Alkoholzusatze abgewaschen.

* * *

Wir haben nun die hauptsächlichsten, zur Färbung von thierischen und pflanzlichen Substanzen in der Mikroskopie angewendeten eigentlichen Tinctionsmittel kennen gelernt, die uneigentlichen, das heisst rein chemisch wirksamen, werden wir bei den mikrochemischen Reactionen besprechen; es erübrigt uns nun noch, auf das praktisch wichtigste Gebiet der Tinctionstechnik überzugehen, nämlich auf die Färbung der Spaltpilze, Schizomyceten, wobei namentlich auch die leichtausführbarsten Methoden der mikroskopischen Tuberkelbacillenprobe werden angeführt werden. Auch nur alle bewährten Methoden anzuführen, dazu fehlt in diesem Leitfaden der Raum, und sollten viele neuere Methoden ausgelassen erscheinen, so rechne man es dem Verfasser nicht als allzu grosse Nachlässigkeit an.

Die Tinction der Schizomyceten.

Es fragt sich zunächst, was „Schizomyceten" (Spaltpilze) sind, denn in der Wissenschaft muss man jedes Object, welches man zu behandeln hat, wenigstens einigermassen kennen. Die Schizomyceten sind kleine, einzellige Lebewesen, welche sich durch Spaltung (Theilung) vermehren, und welche auf der niedersten Stufe organischen Individuallebens stehen; insoferne bekanntlich die tiefststehenden Gruppen der niedersten Vertreter des Thierreiches und jener des Pflanzenreiches zusammenlaufen, ähneln die niedersten Thierformen in einiger Beziehung den Schizomyceten, indem es sowohl chlorophyllhältige Monaden gibt, als auch Bakterien, welche (und zwar ist dies bei weitaus den meisten Formen der Fall) kein Chlorophyll enthalten und in Folge dessen nicht im Stande sein dürften, aus Kohlensäure sich den Kohlenstoff durch Zerlegung des CO_2 zu assimiliren, sondern gleich den Thieren auf directe Sauerstoffzufuhr angewiesen sind. Aber auch darin, dass viele Bakterienarten (z. B. Bacterium termo, Cholerabacillus, Mikrococcus agilis) eine Eigenbewegung mittelst Geisselfäden haben, ähneln sie gleich vielen Pflanzensporen den Thieren. Auch der Umstand, dass sie schliesslich, auf einen geeigneten Nährboden gebracht, daselbst gleich Schimmelpilzen zu ganzen Colonien auswachsen, konnte noch nicht massgebend sein, sie zu den Pflanzen zu stellen, denn wir kennen zahlreiche Thiere, namentlich niedere Seethiere, welche nach einem Schwärmerstadium festwachsen und dann blos ein mehr vegetatives Dasein führen (z. B. Bourgainvillia ramosa, der ästige Röhrenpolyp); vielmehr dürfte eine gewisse morphologische Verwandtschaft mit den Hefepilzen (Sprosspilzen), an welche sie sich im entwicklungsgeschichtlichen System des Pflanzenreiches nebst anderen niederen Pilzen anreihen lassen, hiezu massgebend gewesen sein.

Früher hat man die meistverbreiteten Bakterien, ihrer Eigenbewegung halber, für Thiere gehalten, und der berühmteste Mikroskopiker der späteren Renaissance, der Holländer Leeuwenhoek, hat sie bereits 1683 in Aufgüssen auf Heu und im Zahnschleime seines Mundes mit Hilfe sehr stark gekrümmter und sehr kleiner Linsen, also mit dem damals allein brauchbaren einfachen Mikroskope beobachtet und nachgezeichnet. Seit dieser Zeit sind zwei Jahrhunderte vergangen, bis man wieder auf Grund der bahnbrechenden Entdeckungen Pasteur's sich mehr mit diesen kleinsten Lebewesen zu beschäftigen begann, aber ein natürliches, auf wesentlichen morphologischen und biologischen Unterscheidungsgründen aufgebautes System der Spaltpilze aufzustellen, ist bisher nicht gelungen.

Die Eintheilung in *a)* Stäbchenbakterien (Bacillen), *b)* Schraubenbakterien (Spirillen) und *c)* Kugelbakterien (Coccen) ist eine rein morphologische und rührt von Ferdinand Cohn her, welcher sie 1872 aufstellte, und die auch heute noch wegen ihrer Augenfälligkeit, namentlich für den Mikroskopiker, ihre Brauchbarkeit nicht verloren hat. Wir bilden in Fig. 183 diese drei charakteristischen Formen schematisch, so wie sie gefärbt bei offenem Condensor erscheinen, ab.

Diese drei Hauptformen erschöpfen jedoch keineswegs die Formen der Schizomyceten, vielmehr hat Dr. Cohn *a* noch eingetheilt in α) bacterium (kurzes Stäbchen) und β) bacillus im engeren Sinne (langes Stäbchen, mehr fadenartig), *b* in α) vibrio, das heisst die wellig gelockten Fäden, in β) spirillum, die kurzen, steifen Schrauben und γ) spirochaete, die langen biegsamen Spiralen: wir kennen also nach Cohn im Ganzen sechs Formen der Bakterien (synonym mit Schizomyceten): 1. Mikrococcus; 2. Bacterium; 3. Bacillus; 4. Vibrio; 5. Spirillum; 6. Spirochaete.

Zu den Mikrococcen ist zu bemerken, dass es sowohl kugelrunde, als ovale und elliptische Formen gibt. Damit ist aber die Zahl der Formen durchaus nicht erschöpft, da es z. B. bei der Form Bacillus dicke und dünne, geradgerichtete und gebogene gibt. Die Kommabacillen der Cholera sind eigentlich der Form Vibrio angehörig, da sie kurze, verhältnissmässig dicke, kommaartig gebogene Spaltpilze darstellen.

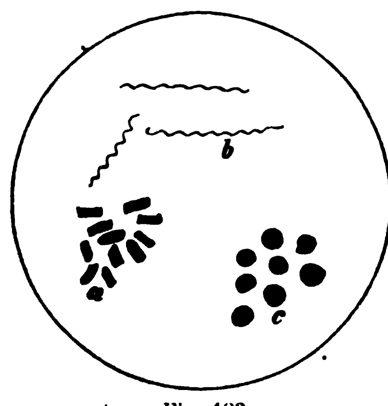


Fig. 183.

Was die Dimensionen der Bakterien anbelangt, sind selbe sehr verschieden. Die Dicke der Bakterien ist eine sehr variable: von Bruchtheilen eines tausendstel Millimeters (bekanntlich in der Mikroskopie kurz Mikron „μ" genannt) bis zu 1·3 bis 1·5 μ, ja bei manchen fadenförmigen Bacillen (aus menschlichen Fäcalien z. B.) schwankt der Querschnittsdurchmesser sogar bis zu 2 und 3 μ. Derlei dicke Bacillen sind aber auch von sehr erheblicher Länge und überdies Ausnahmen. Meist ist die eintausendstel Millimeter nicht übersteigende Dicke für die Schizomyceten als solche charakteristisch und lässt sie leicht von Hefepilzen u. dergl. unterscheiden.

Wir haben bereits erwähnt, dass die Bakterien einzellige Organismen sind, das heisst den Werth einer einzelnen Zelle haben (ähnlich wie die meisten niedersten Organismen); man hat sich nun gefragt, was die Rolle des Kernes bei diesen Zellen spielt, und man hat durch neuere tinctionstechnische Untersuchungen bis zu einem hohen Grade der Wahrscheinlichkeit festgestellt, dass das Protoplasma derselben den Kern darstellt und eine Membran den Protoplasmakörper umkleidet, während bei den sonstigen protoplasmatischen Pflanzenzellen der Kern geradezu vom Protoplasma umgeben erscheint. Bekanntlich färben sich die Kerne der Pflanzenzellen mit genannten kernfärbenden Stoffen, z. B. Carmin und den oben behandelten rnfärbenden basischen Anilinfarben; davon ausgehend, dass diese kernenden Stoffe das Protoplasma der Bakterien ausnahmslos (wenn auch nter, wie z. B. bei den Tuberkelbacillen, erst nach Anwendung complicirterer en) färben und nach maximaler Entfärbung gefärbt lassen, hat man, wie oben rt, geschlossen, dass der Protoplasmakörper den Kern der Bakterienkörper t. Die erwähnte Membran bleibt ungefärbt und ist daher nur mit sehr n Linsen zur Anschauung zu bringen; mit Immersionssystemen hat man

gefunden, dass die Membran nach aussenhin in eine schleimige, in Wasser quellbare Hülle übergeht. Liegen nun viele Bakterien aneinander in einer Flüssigkeit, so verschmelzen, respective verquellen diese schleimigen Hüllen mit einander zu einer Gallertmasse, in welcher die Bakterien in meist regelmässigen, durch die gedachten Gallerthüllen gegebenen Abständen eingelagert sind. Solche von Schleim umgebene, ruhende Bakterienmassen bezeichnet man mit dem Ausdrucke Palmella und diese Art des ruhenden Zustandes als Zoogleastadium. Die Membran selbst besteht in der dem Protoplasmaleibe anliegenden Schichte aus einer ziemlich festen und starren celluloseartigen Substanz, weshalb man von den Bakterien in Stäbchenform oft von „starren Stäbchen“ reden hört und liest. Dies ist aber cum grano salis zu nehmen. Dr. Karl Günther in Berlin und viele andere Mikroskopiker, welche lebende eigenbewegliche Bakterien beobachteten, darunter auch der Verfasser dieses Leitfadens, konnten wahrnehmen, wie sich manche anscheinend starre Bakterien bei ihrem Ortswechsel durch enge Canäle durchdrängten, wobei ihr anscheinend starrer Leib nachgab, jedoch nach Passirung des engen Raumes wieder in die ursprüngliche Form zurückkehrte.

Die Schizomyceten vermehren sich *a*) durch Spaltung, *b*) durch Sporenbildung. Insoferne dadurch das Aussehen unter dem Mikroskope modificirt

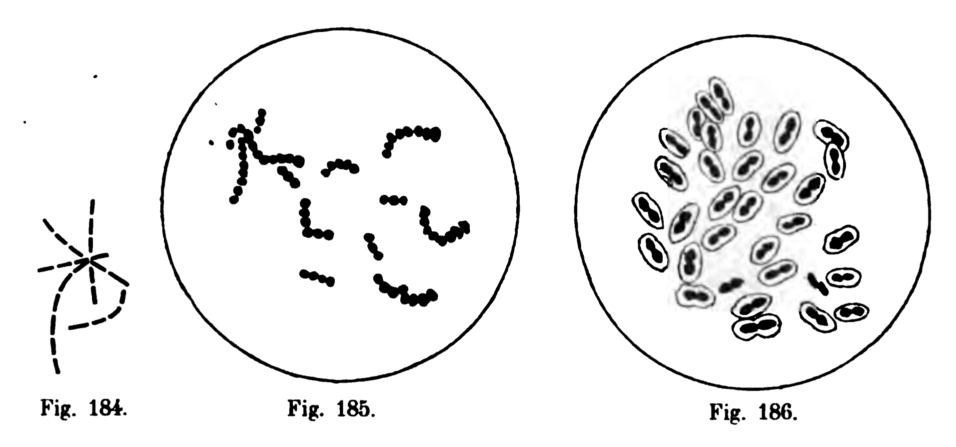


Fig. 184. Fig. 185. Fig. 186.

wird, müssen wir hier auf diese Vermehrungserscheinungen eingehen. Die sogenannte Spaltung ist meist keine Längstheilung, wie wenn man Holz spaltet, sondern eine Quertheilung durch Einschnürung eines in die Länge gewachsenen Individuums, wie man selbe auch bei niedersten thierischen Organismen findet. Ist die Einschnürung bis zur Trennung gediehen, so können die Individuen nebeneinander liegen bleiben und kettenartige Verbände bilden, wie sie Fig. 184, oder bei Mikrococcen perlschnurartige Gebilde, ähnlich Halsketten (στρεπτα), daher Streptococcen genannt, wie Fig. 185 schematisch zeigt.

Es gibt auch Mikrococcen, welche gewöhnlich zu zweien beisammen liegen, sogenannte Diplococcen. Fig. 186 zeigt uns in 1800facher Linearvergrösserung absichtlich mehr schematisch gezeichnet den von einer sehr deutlichen Gallerthülle, einer sogenannten „Kapsel“ umgebenen Diplococcus pneumoniae Fraenkel, wegen der etwas lancettförmigen Gestalt der einzelnen Individuen auch Diplococcus lanceolatus benannt, welcher verdächtig ist, die infectiöse Lungenentzündung zu veranlassen, in zahlreichen Exemplaren, die einem lebenden Menschen, der an Pneumonie litt, dadurch entnommen wurden, dass man das mit der Lungenentzündung complicirte pleuritische Exsudat mittelst einer spitzigen Röhre („Troïcart“) angestochen („punktirt“) und entleert

hat. In der entleerten Flüssigkeit fanden sich die gedachten Diplococcen, welche mit dem ebenfalls in der entzündeten Lunge anzutreffenden Bacillus pneumoniae Friedländer die Kapseln gemeinschaftlich haben, dagegen von letzterem durch die geringere Grösse und lancettförmige Gestalt sich unterscheiden. Diese Kapseln sind in Schnitten von todten Lungen viel schwerer zur Anschauung zu bringen, und wenn man diese Diplococcen durch sogenannte „Impfung" auf Gelatineplatten überträgt (Impfcultur), so fehlen den so künstlich gezüchteten Diplococcen die Kapseln anscheinend ganz.

Nicht alle Coccen theilen sich in der Richtung weiter, in welcher die ursprüngliche Theilung erfolgte; manche theilen sich zum zweiten Male in einer auf die erste Theilungsrichtung senkrechten Richtung. Es entstehen dann aus dem ursprünglichen Coccus drei weitere Coccen, also zusammen vier, welche dann meist ähnlich liegen, wie die Augen auf der Viererseite eines Würfels (Tetragenus), nur näher bei einander, so z. B. bei Micrococcus tetragenus (Fig. 187). Liegen diese Coccen nach der Theilung so nahe bei einander, dass sie noch verschmolzen scheinen, so spricht man von Tafelcoccen, sogenannten Merismopedien, und diese Form ähnelt sehr einem verschnürten Packet.



Fig. 187.



Fig. 188.

Fig. 188 zeigt uns als Beispiel die gelbgrüne Magensarcine (Meris- mopedia ventriculi) in 1800facher Linearvergrösserung. Aehnliche Formen kommen in der Lunge des Menschen vor. Bakterien, welche so wie Sarcine einen Farbstoff in sich schliessen, heisst man chromogene. [illegible] theilen den Farbstoff den Nährböden, auf denen sie leben, in auffallender Weise mit, wie der berüchtigte Micrococcus prodigiosus (früher [illegible] Monade gehalten, Monas prodigiosa Ehrenberg), welcher auf festen [illegible] vegetirt und im Mittelalter, wenn er auf geweihten [illegible] gedeutet wurde, welches die Juden [illegible] mit Nadeln hervorgerufen hätten, [illegible]

In ähnlicher Weise [illegible] Bacillus cyanogenus, [illegible] blau färbt.

Ob diese Farbst[illegible] obachtete Chlorophyll [illegible] dungsproducte [illegible] Bakterien das [illegible]

Seltener als [illegible] Vermehrung [illegible]

oder die Temperatur, unter welcher die Bakterien am besten gedeihen (das sogenannte Temperaturoptimum) ungünstig verändert, so sterben die Bakterien entweder unter Aufblähung der Zellen, Bildung von Hohlräumen (Vacuolen), Verschwimmen und Zerfliessen der Zellhülle (Zellmembran) ab (Involutionserscheinungen), oder aber sie bilden vorher Dauersporen, welche viel widerstandsfähiger sind als die Mutterzelle und welche, in günstige Verhältnisse gebracht, zu einem sich durch Spaltung vermehrenden Spaltpilz auskeimen. Ist die Dauerspore gebildet, so zerfällt die Mutterbakterie. Am häufigsten kommt Sporenbildung bei den Bacillusformen vor, seltener bei den anderen (z. B. vereinzelt bei Spirillum). Je nach ihrer Stellung im Mutterleibe — wenn man so sagen darf — gibt es mittelständige und endständige Dauersporen. Bei letzterer Sporenbildung kommt es vor, dass die Spore grösser ist als der Durchmesser des Bacillus, und es ergibt sich daraus die eigenthümliche Trommelschlägelform.

Fig. 189 zeigt als Beispiel dafür den in Kehricht und Gartenerde vorkommenden Bacillus tetani in 1800maliger Vergrösserung. Man sieht, dass die Sporen dieses den fürchterlichen Wundstarrkrampf veranlassenden Schizomyceten endständig sind und gleich allen Sporen einen eigenthümlichen, öltropfenartigen Glanz besitzen. Auf die Details der Sporenbildung, sowie der Bakteriologie überhaupt einzugehen, fehlt hier der Raum, doch wird, einem modernen Bedürfnisse Rechnung tragend, im Verlaufe dieser Arbeit noch öfter die sich bietende Gelegenheit benützt werden, einzelne bakteriologische Manipulationen am gebotenen Orte zu besprechen, so z. B. bei der Behandlung der Beobachtung lebender Bakterien mit dem Mikroskope (Bakterioskopie), auch der Beschaffung und Züchtung lebenden Bakterienmaterials gedacht werden. Hier, wo es sich um eine Darstellung der Färbetechnik der Schizomyceten handelt, musste wenigstens das wichtigste Detail der morphologischen Verhältnisse dieser Lebewesen erörtert werden.

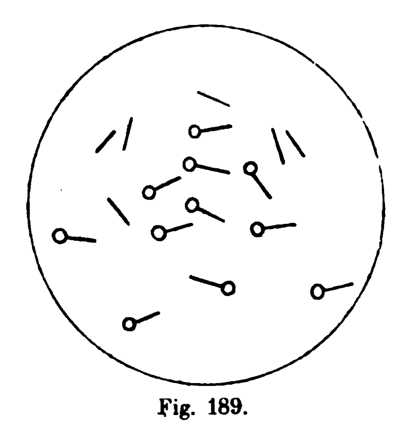


Fig. 189.

Das Deckglas-Trockenpräparat.

Die Bakterien sind, wie wir aus dem Vorigen entnehmen konnten, etwas Lebendes; zahlreiche von diesen pflanzlichen Organismen haben eine Bewegung, und wir werden bei Besprechung der Beobachtung lebender Objecte in diesem Leitfaden auch auf die Beobachtung beweglicher Bakterien zu sprechen kommen; hier haben wir es mit dem leichter zu beobachtenden todten Object zu thun, und wir müssen uns fragen, wie es uns gelingt, kleine Mengen Bakterien einzufangen, zu tödten und der durch die Färbung erleichterten, ja manchmal ganz und gar bedingten mikroskopischen Wahrnehmung zugänglich zu machen. Das Verfahren, welches hiezu der geniale Koch schon Ende der Siebziger-Jahre des vorigen Säculums angegeben hat, ist ein äusserst einfaches und leicht durchzuführendes und eignet sich für alle Untersuchungen auf das Vorkommen von Bakterien in Flüssigkeiten; da aber Wasser, Pflanzeninfuse und -Decocte, Eiter, Gewebssäfte, Speichel, Blut u. s. w., welche ja meist zur bakteriologischen Untersuchung in diagnostischer und hygienischer Beziehung vorzuliegen pflegen, Flüssigkeiten sind, anderntheils Staub, Erde, Sand etc. leicht mit Flüssigkeiten angerührt werden

oder einer Spirituslampe hindurchzieht. Dies soll nach Koch etwa mit derselben Geschwindigkeit geschehen, mit der man Brot schneidet. Diese Angabe ist aber etwas zu unbestimmt, da es Leute gibt, die schnell Brot schneiden, während andere dies gemächlich und langsam thun.

Johne, welcher bei Koch die sogenannten Choleracurse hörte, hat denn auch in seinem Buche „Ueber die Koch'schen Reinculturen und die Cholerabacillen", Leipzig 1885, Seite 19, die Schnelligkeit der Bewegung bei Anfertigung der Trockenpräparate dahin präcisirt, dass man dabei mit der Hand dreimal in einer zur Tischplatte, auf welcher der Bunsenbrenner oder die Spirituslampe steht, senkrechten Ebene einen Kreis von einem Fuss Durchmesser, zu dessen Zurücklegung die Hand genau eine Secunde braucht, beschreibt.

Eine zu starke Erhitzung würde die Färbbarkeit der angetrockneten Bakterien vernichten, eine zu geringe würde die Gefahr, dass bei der Färbung die bakterienhältige Schichte abgespült werden würde, nicht beseitigen.

Deshalb ziehen es pedantische und dabei nicht allzu geschickte Präparatoren vor, das lufttrockene Deckglas in einen Trockenschrank, dessen innere Luft 120° Celsius aufweist, auf circa zehn Minuten einzulegen. Wer aber als Praktiker zur Anfertigung eines in seiner Einfachheit die ganze Genialität Koch's offenbarenden Trockenpräparates erst einen Trockenschrank braucht,[1]) der lasse das Mikroskopiren lieber sein. Man erlangt nämlich bei einiger Dexterität (und wer solche nicht besitzt, ist zum Mikroskopiker nicht geboren) gar bald das nöthige Gefühl in der Hand, um einerseits nicht zu überhitzen, andererseits die sichere Fixirung zu erzielen.

Darauf aber ist zu sehen, dass die Bewegung des Armes jener Hand, welche das Deckglas durch die Flamme „zieht", wie der technische Ausdruck lautet, eine gleichmässige sei und namentlich in der Flammenatmosphäre keine, sei es auch nur secundenlange Unterbrechung erfahre, soll nicht das Gelingen des Präparates in Frage gestellt werden. Ist die Erhitzung vollendet, ist das Präparat zur Färbung bereit.

Diese erfolgt mit irgend einem der oben besprochenen kernfärbenden basischen Anilinfarbstoffe; am meisten in Gebrauch sind hiezu: Fuchsin, Gentianaviolett, Methylenblau und als Contrastfarbe Vesuvin (identisch mit Bismarckbraun). Diese Farbstoffe hält man sich für die Färbung der Trockenpräparate vorräthig, jedoch nicht in zum Gebrauche fertigem Zustande, da sie in wässeriger Lösung angewendet werden müssen und wässerige Lösungen leicht schimmeln oder körnige Niederschläge ausstossen. Am besten hält sich noch in wässeriger Lösung Methylenblau, dem man einige Tropfen Phenol, behufs Hinderung der Schimmelbildung, zusetzt. Die anderen Farbstoffe löst man in Alkohol und hält sie gut filtrirt vorräthig. Zum Gebrauche nimmt man dann auf 10 *ccm* Aqu. dest. je 1 *ccm* der betreffenden alkoholischen Vorrathslösung, muss sich also die gebrauchsfertige Lösung von Fall zu Fall bereiten (wie schon oben erwähnt wurde).

Man legt hierauf das nach der Erhitzung abgekühlte Deckglas mit der Pincette auf einen weissglasirten Porzellanteller oder ein Tuschschälchen u. dergl. so auf, dass die Bakterienschichte oben liegt, entnimmt mit einem Pipettchen einer der obigen Flüssigkeiten einen Tropfen und lässt ihn aus

[1]) In Laboratorien hat die Trocknung im Trockenschranke ihren guten Grund, wenn sehr viele Präparate zu machen sind. Dann wird natürlich diese Trocknung im Schranke, in welchem von passenden Deckglaspincetten, wie eine solche auf S. 185 d. B. abgebildet wurde, die mit der Spitze in Brettchen eingesteckt und mit den Brettchen in den Trockenschrank gebracht werden, gehalten, Dutzende von Deckgläsern oder in Kästchen, natürlich ohne Flüssigkeitsfüllung, eingelegte Objectträger Platz finden, den Vortheil der Schnelligkeit und Verlässlichkeit haben.

und schärfer ab. Die medicinischen Bakteriologen hängen alle an dem Grundsatze, dass man Farbenbilder der Bakterien stets mit offenem Condensor. ohne alle Blenden, beobachten müsse, aber dies ist, wie W. Behrens mit Recht in seinem „Leitfaden der Mikroskopie" erklärt, „ein grober Unfug". Bei Anwendung sehr starker Objective mit sehr hoher Apertur, z. B. von 1·30, wird allerdings auch bei ganz offenem Condensor ein deutliches Farbenbild entstehen, doch stehen dem Praktiker nicht immer so exquisite Objective zur Verfügung. Hat das Objectiv eine geringere Apertur als der meist 1·20, ja 1·30 und mehr Apertur ergebende ganz offene Abbé'sche Condensor, so muss er entschieden abgeblendet werden, um das beste Bild zu erhalten.

Handelt es sich um etwas dickere Schnitte, in denen Bakterien mittelst Isolirfärbung gefunden werden sollen, dann lasse ich ja gern unter allen Umständen den „offenen" Condensor behufs Aufhebung des Structurbildes gelten — bei Trockenpräparaten jedoch nur dann, wenn das Objectiv zum Mindesten die gleiche Apertur hat, wie der offene Condensor. Je besser der Abbé'sche Beleuchtungsapparat, je grösser seine Apertur etwa im Vergleich zu der des zur Beobachtung benützten Systems ist, desto nothwendiger erscheint bei so zarten Objecten eine zweckentsprechende Abblendung, die in der Weise erfolgt, dass man bei ganz offenem Condensor zu beobachten beginnt und nun, nachdem die günstigste Spiegelstellung gefunden ist, eine engere Blende in den Condensor einlegt, beziehungweise die Irisblende verschiebt, bis die Contouren der Bakterien scharf erscheinen, ohne Diffractionssäume zu zeigen, welch letztere der Anfänger leicht mit den Gallerthüllen mancher Schizomyceten verwechseln könnte. Bei solchem Vorgange wird man Sporen, Hohlräume u. dergl. in den Schizomyceten bei Trockenpräparaten auch mit minder ausgezeichneten Objectiven viel besser wahrnehmen, als wenn man den nebelerzeugenden, vollen Lichtkegel des unabgeblendeten Condensors auf die zarte Schicht des Trockenpräparates einwirken lässt („Princip der maximalen Beleuchtung"). Und nun zurück zu unserem Präparate.

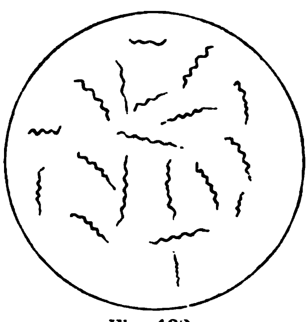


Fig. 192.

Wir werden in demselben beiläufig folgendes Bild wahrnehmen: Zwischen mehr weniger zahlreichen Plattenepithelien werden sich runde Körperchen, Speichelkörperchen und dazwischen die verschiedenartigsten Bakterienformen präsentiren, wenn wir nicht gerade den Mund mit einem Antisepticum gereinigt haben. Es werden fast alle oben beschriebenen Bakterienformen zu sehen sein. Namentlich oft und zahlreich ist der sogenannte Mundbelagpilz Lepthotrix buccalis vertreten, welcher auch Bacillus buccalis heisst und unverzweigte, scheinbar ungegliederte Kurz- oder Langfäden bildet und als Urheber der Zahncaries gegolten hat und vielfach heute noch dafür gilt; dazwischen finden wir zahlreiche Vibrionen, kurze, gebogene Stäbchen, so z. B. Vibrio lineola, und längere, äusserst zarte, dem berüchtigten Spirillum des Rückfalltyphus sehr ähnliche Spiralen, ganz wie Fig. 192 zeigt.

Aehnliche Trockenpräparate können wir aus allen möglichen flüssigen Substanzen unter Einhaltung vorgeschilderter Arbeitsweise herstellen; wie sie dauernd zu conserviren sind, wird weiter unten besprochen werden.

Wir haben bereits erwähnt, dass bei der vorgeschilderten Methode auch andere im Präparate enthaltene Objecte, nicht nur die Bakterien, gefärbt werden, und sind solche Zellkerne enthaltende Substanzen in grösseren Mengen im zu untersuchenden Material vorhanden, so können sie, da sie ja

Wasser und Rohanilin, in welchem mittlerweile ein grosser Theil des Anilins in Lösung übergegangen ist, auf das feuchte Filter auf. Man wird dann sehen, dass das in Wasser gelöste Rohanilin klar abläuft, während die noch in dem Gemenge schwebenden Anilintropfen auf dem feuchten Filter zurückgehalten werden. Diese Zurückhaltung der Oeltropfen war auch der Grund, weshalb durch das Filter vor Benützung zum Anilinfiltriren etwas Wasser durchgelassen wurde.

In dieses Filtrat bringt man nun 5·5 *ccm* einer concentrirten alkoholischen Fuchsin-Gentianaviolett- oder Methylviolett-Lösung. Das Ganze wird nun einmal in der Flasche, welche mit einem Glasstöpsel versehen sein soll, gut geschüttelt und mindestens 24 Stunden stehen gelassen. Nochmaliges sofortiges Filtriren nützt da nichts, die Lösung setzt vor 24stündigem Stehen pulverige Niederschläge ab, welche dem Anfänger Bakterien vortäuschen können, wo keine sind, dem Vorgeschrittenen die schönsten Präparate verderben. Dennoch finden frisch (jedoch auf etwas andere Weise) bereitete Ehrlich'sche Lösungen Anwendung, nämlich bei der Untersuchung auf Tuberkelbacillen, in welch letzterem Falle jedoch, wie wir später sehen werden, eine eigenthümliche Nachbehandlung der Präparate eintritt, welche die etwaigen Niederschläge beseitigt.

Nach 24stündigem Stehen kann man vorsichtsweise die Lösung nochmals filtriren und hat damit ein erheblich intensiver färbendes Mittel, als es die gewöhnlichen Anilinfarben in wässeriger Lösung sind, erreicht, welches allgemein anwendbar ist. Ihre hauptsächlichste Anwendung findet jedoch die Ehrlich'sche Lösung nicht nur bei der bereits erwähnten, später zu besprechenden Tuberkelbacillenfärbung, sondern namentlich bei der Gram'schen, von Günther und auch von Weigert modificirten Isolirfärbung der Bakteriendeckglas-Trockenpräparate, wobei jedoch sofort bemerkt werden muss, dass sich nach dieser Gram'schen, respective Günther'schen Methode nicht alle Bakterien gefärbt erhalten lassen, wenn sie sich auch mit der Ehrlich'schen Lösung an sich intensiv färben. So lassen sich die Bacillen der Cholera asiatica nicht nach der Gram'schen und der davon abgeleiteten Günther'schen Methode färben, während sich z. B. Tuberkelbacillen, Milzbrandbacillen, Tetanusbacillen und viele andere gefärbt erhalten. Der Ausdruck „gefärbt erhalten" ist der richtige, denn eigentlich färben sich auch die Cholerabacillen bei der Färbung nach Gram, aber sie entfärben sich wieder bei der Nachbehandlung, so dass sie eben nicht gefärbt zu erhalten sind, wenn man diese Isolir-Färbemethode anwendet. Ein Beispiel wird erläutern, was wir meinen. Wir wollen z. B. eine Darmentleerung auf Cholerabacillen mikroskopisch untersuchen. Wir fertigen uns, wie bereits oben angegeben, ein Deckglas-Trockenpräparat, indem wir ein winziges Partikelchen des Stuhles mit der ausgeglühten und abgekühlten Platinnadel verreiben, dann in der oben geschilderten Weise durch die Flamme ziehen, mit der eben beschriebenen Ehrlich'schen Lösung durch Auftropfen und nachheriges Nachwaschen färben, trocknen und nun mit einem Tropfen Canadabalsam u. dergl. unter eine mittelstarke Vergrösserungscombination auf den Objecttisch unseres Mikroskopes bringen. Wer nun das Präparat mit kundigem Auge betrachtet, wird da ein wahres „Tohu-wa-bohu" beisammen sehen. Zahlreiche ebenfalls mit der Anilinfarbe gefärbte Formbestandtheile der Nahrungsmittel, grosse Mengen Schleimkörperchen, vielleicht auch verschiedene krystallinische Ausscheidungen von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia und zahllose Bakterien. In diesem Gewirre den Kommabacillus der Cholera asiatica aufzufinden, wird eine äusserst schwierige Aufgabe sein. Wir wären schon zufrieden, wenn wir die Schleimkörperchen, Nahrungsmittelreste u. s. w. ungefärbt erhalten könnten, so dass wir dann blos das Bakteriengemenge zu perlustriren hätten.

Gram'schen Behandlung ebenfalls entfärben, also aus dem Bilde gleichzeitig mit den Structuren verschwinden, ein Verdachtsmoment mehr gewinnen, es mit Cholerabacillen zu thun zu haben. Freilich dürfen wir nicht vergessen, dass es noch andere Kommabacillen gibt, welche mit der Cholera asiatica nichts zu thun haben und doch die Gestalt und den Umstand gemeinsam haben, dass sie sich nach der Gram'schen Methode nicht gefärbt erhalten lassen. so z. B. der Vibrio Metschnikoff, welch letzteren man wohl kaum in menschlichen Stühlen antreffen dürfte, ferner den in Stühlen auffindbaren Finkler-Prior'schen angeblichen Cholera nostras-Bacillus, der aber längst als zu dieser Krankheit in keiner Beziehung stehend erkannt wurde u. a. m. Einen diagnostischen Werth hat im Zusammenhalt mit anderen, hier nicht zu erörternden Merkmalen die Gram'sche Methode immerhin, abgesehen von ihren vorgeschilderten technischen Vorzügen.

Wie wird die Gram'sche Methode prakticirt?

Wie Gram in Nr. 6 der „Fortschritte der Medicin", 1884, Seite 185, angab, bereitet man zunächst die Ehrlich'sche Lösung wie wir oben beschrieben haben. Von dieser Lösung filtrirt man eine kleine Quantität in ein Schälchen oder eine Glasdose und nun legt man mit der leeren Seite nach oben ein Deckglas-Trockenpräparat in die Farblösung. Hierauf bringt man das Trockenpräparat, nachdem es circa drei Minuten in der Ehrlich-schen Lösung verweilt hat, in eine Lösung von 1 Jod, 2 Jodkalium und 300 Wasser, das ist in die sogenannte Jodkaliumlösung, und belässt dasselbe ebenfalls circa drei Minuten in derselben. Aus dieser Jodkaliumlösung bringt man dann das Deckglas-Trockenpräparat in gewöhnlichen Alkohol. Man sieht, dass der Alkohol Farbstoff aufnimmt, indem sich eine Farbstoffwolke um das Präparat herum bildet. Wird kein Farbstoff mehr abgegeben, so bringt man das Präparat, ohne es erst zu trocknen, in Nelkenöl. Dieses nimmt den Alkohol auf und löst noch etwas Farbstoff. Aus dem Nelkenöl bringt man das Präparat in einem Tropfen Canadabalsam unter das Mikroskop. Exemplare der vorhin genannten Bakterienarten werden, falls sie im Präparate vorhanden waren, im Lichtkegel des Condensors ganz allein erscheinen, alle anderen Structuren und Bakterien werden entfärbt und daher unsichtbar sein. Da es aber, wie wir schon oben erwähnten, oft von Interesse ist, die Structuren ebenfalls zu färben, jedoch anders, und zwar möglichst gegensätzlich zu den isolirt gefärbten Bakterien, so können wir das ganze Präparat, bevor wir es in das Nelkenöl bringen, in eine wässerige Lösung einer anderen Farbe bringen, z. B. Bismarckbraun (Vesuvin), wodurch sich dann die roth, blau oder violett gefärbten Bakterien von den braun gefärbten Structuren abheben und wodurch man, wie oben schon erwähnt wurde, die relative Lage der Bakterien zu Gewebstheilen, Eiterkörperchen u. dergl. besser zu beurtheilen im Stande ist.

Da bei der Gram'schen Methode noch immer Fälle vorkommen, bei welchen die Zellkerne der nicht bakteriellen Structuren etwas Farbstoffe zurückhalten oder Niederschläge entstehen, hat es der bekannte Bakteriologe Dr. med. Karl Günther in Berlin unternommen, die Gram'sche Methode zu verbessern. Dr. Karl Günther schildert diese Modification des Gram'schen Verfahrens ungefähr folgendermassen:

1. Das Deckglas-Trockenpräparat kommt auf ein bis zwei Minuten in die wie oben mitgetheilt hergestellte Ehrlich'sche Farblösung.

2. Das Deckglaspräparat wird nun auf Fliesspapier gebracht, abgetupft, um es von überschüssiger Farblösung zu befreien, und dann in die Jod-Jodkaliumlösung (1 Jod, 2 Jodkalium, 300 Wasser) auf zwei Minuten eingelegt: dabei sieht man, wie sich der Bakterienanflug auf dem Deckglase glänzend schwarz färbt.

3. Nun kommt das Präparat aus der Jod-Jodkaliumlösung in gewöhnlichen Alkohol auf eine halbe Minute.

4. Hierauf in 100 Alkohol vermengt mit 3 Acid. mur. chem. pur. („Salzsäure-Alkohol“) auf genau zehn Secunden.

5. Nach Ablauf dieser zehn Secunden bringt man das Deckglas so lange in mehrere hintereinander gestellte Schälchen mit Spiritus, bis dasselbe an den Spiritus keinen Farbstoff mehr abgibt.

Nun kann man das Präparat in Xylol ($C_6 H_4, 2 CH_3 = C_8 H_{10}$) bringen und dann mit einem Tropfen Xylol-Canadabalsam (Canadabalsam in Xylol gelöst, bis er honigdicke Consistenz hat) auf einem Objectträger unter das Mikroskop bringen. Günther empfiehlt auf Grund seiner Erfahrungen die nachträgliche, bei der Gram'schen Methode besprochene sogenannte Contrastfärbung der ungefärbt gebliebenen Structuren für seine Modification der Gram'schen Methode nicht, vielmehr hat er gefunden, dass der umgekehrte Weg, nämlich die Structuren vor der Behandlung mit der Gram'schen Methode auszuführen, besser zum Ziele führt. Auch verwendet Günther zu dieser vorherigen Contrastfärbung naturgemäss nicht eine Anilinfarbe, wie z. B. Bismarckbraun eine ist, weil dieselbe bei der Nachbehandlung mit Salzsäure-Alkohol, wie solche die Günther'sche Methode bedingt, kaum Stand halten würde, sondern er wendet zur Vorfärbung der Structuren Pikrocarmin,[1]) welches wir oben[2]) bei den Carminfärbungen kennen gelernt haben, an.

Der Vorgang dabei ist folgender: Das Deckglas-Trockenpräparat kommt auf ein bis zwei Minuten in die Pikrocarminlösung, wird dann mehrmals in Wasser gut ausgewaschen und dann in Alkohol gebracht. Von da bringt man sie in die Ehrlich'sche Lösung und nimmt dann die weitere Behandlung nach Gram-Günther so vor, wie mit einem ungefärbten Präparate. Gut ist es, wenn man des besseren Contrastes wegen als Ehrlich'sche Lösung eine Gentianaviolett- oder Methylviolett-Lösung anwendet, weil dann am Schlusse des Verfahrens die nach der Gram-Günther'schen Methode isolirt gefärbten Bakterien wunderschön dunkelviolett, die Structuren dagegen schön carminroth bis gelblich erscheinen. Wir bemerken übrigens, dass sich für die Ehrlich'sche Lösung, als Element der Gram-Günther'schen Methode gedacht, doch blos Methylviolett, Gentianaviolett und Victoriablau eignen, dass man also mit Fuchsin, Methylenblau und Bismarckbraun keine Resultate erzielen wird.

Weigert hat eine eigene besondere Methode zur Färbung von Fibrin und von Mikroorganismen in Nr. 8 der „Fortschritte der Medicin“ (1887) angegeben, welche sich ebenfalls als eine Modification der Gram'schen Methode darstellt; dieselbe lässt nicht nur die Bakterien gut hervortreten, sondern auch das Fibrin, welches als blaues oder violettes Netzwerk erscheint. Besonders zu empfehlen ist dieses Verfahren nicht nur für Objectträger-Trockenpräparate, sondern auch zur Isolirfärbung von Bakterien in Schnitten. Selbst wo die Gram-Günther'sche Färbung versagt, wie z. B. bei den sogenannten Smegma-Bacillen, welche sich in den äusseren Geschlechtsorganen und auf der Haut auch gesunder Menschen finden und sich nach Gram und Gram-Günther nicht färben lassen, weil sie die Entfärbung in Alkohol mit den anderen Objecten mitmachen, also nicht gefärbt bleiben, erhalten sich die Bacillen nach Weigert's Entfärbung der Structuren mittelst Anilinöls gefärbt.

[1]) Günther empfiehlt 1 Carmin, 1 Ammoniak und 50 Wasser, hiezu so viel Pikrinsäure zugesetzt (in wässeriger Lösung), bis sich der entstehende rothe Niederschlag von Carmin nicht mehr löst. (Dr. Friedländer.)

[2]) Seite 246 d. B.

Kitt gibt eine treffliche Anleitung zur Ausführung der Weigert'schen Modification der Gram'schen Methode. Das Objectträger-Trockenpräparat, welches Weigert statt des Deckglas-Trockenpräparates anzufertigen vorzieht, wird mit Gentianaanilinwasser (Ehrlich'sche Lösung, wie oben beschrieben) betropft, wenn man aber Bakterien in einem Schnitt nachzuweisen hat, dieser aus dem Alkohol, mit welchem er zweckmässigerweise geschnitten wurde, auf den Objectträger gebracht und vor dem Betropfen mit feinem Filtrirpapier abgetupft. Die aufgetropfte Farblösung wird ein bis zwei Minuten auf dem Objectträger belassen, dann mit Filtrirpapier abgesogen, worauf man das gefärbte Object mit der Gram'schen Jod-Jodkaliumlösung benetzt, diese zwei Minuten einwirken lässt und dann mit Filtrirpapier sorgfältig absaugt. Jetzt wird eine Mischung von Anilinöl und Xylol so lange aufgebracht, bis das Object entfärbt erscheint, dann mit Xylol allein bespült und so wie sich das Object in der Durchsicht zwar etwas gefärbt, aber glashell zeigt, das überschüssige Xylol weggenommen und das Object mit einem Tropfen Canadabalsam und einem Deckglase bedeckt, worauf man es schon besichtigen kann. Auch Kühne („Praktische Anleitung zum mikroskopischen Nachweis von Bakterien", Wiesbaden 1888) hat aus zwei Gesichtspunkten die Gram'sche Methode modificirt, und zwar:

1. um die lästigen Farbstoffniederschläge zu beseitigen,
2. um zu verhüten, dass bei der Entfärbung die Bestimmung der Zeit, während welcher das Entfärbungsmittel (Alkohol) auf die isolirt zu färbenden Objecte einwirken darf, grosse Schwierigkeiten verursache.

Er hat zweierlei Variationen seiner Methode angegeben, welche wir im Folgenden nach Dr. Friedländer-Eberth's prägnanter Darstellung skizziren wollen.

Kühne's Methode.

I.

1. Färbung des Objectes mittelst einer Lösung von Victoriablau 1·0 *gr* in 50·0 Alkohol (von 50% Wassergehalt), welche mit der Hälfte einer 1%igen wässerigen Lösung von kohlensaurem Ammoniak versetzt wurde. Diese Färbung dauert fünf Minuten.
2. Abspülen in Wasser.
3. Uebertragung in eine Lösung von Jod 2·00, Jodkalium 4·00, Wasser 100 auf zwei bis drei Minuten.
4. Abspülen in Wasser.
5. Ausziehen des Farbstoffes in Fluoresceïn-Alkohol.[1])
6. Auswaschen des Fluoresceïn-Alkohols in reinem Alkohol.
7. Aetherisches Oel auftropfen (Cedern-, Origanum-, Nelkenöl o. dergl.).
8. Einschliessen in Canadabalsam.

II.

1. Die entwässerten, mit Carmin vorgefärbten oder auch ungefärbten Objecte (also Objectglas- oder Deckglas-Trockenpräparate oder aber bakterienenthaltende Schnitte aus kranken Geweben, welch letztere in absolutem Alkohol entwässert werden müssen) kommen in eine mit auf 50 mit 1 Tropfen Salzsäure versetzte, concentrirte wässerige Violettlösung, in der sie zehn Minuten bleiben.
2. Abspülen in Wasser.
3. Einwirkung von Jod-Jodkaliumlösung zwei bis drei Minuten.

---

[1]) 1·00 gelbes Fluoresceïn (Grübler) mit 50·00 absolutem Alkohol verrieben und absetzen gelassen. Bei Rudolf Siebert in Wien, E. Merck in Darmstadt, Dr. Grübler & Co. in Leipzig zu haben.

4. Abspülen in Wasser.
5. Einwirken von absolutem Alkohol durch einige Secunden.
6. Einwirken von reinem Anilinöl.
7. Aetherisches Oel oder Xylol einwirken lassen!
8. Einschluss in Canadabalsam.

Eine für uns sehr wichtige, durch das Deckglas-Trockenpräparat zu lösende, vielleicht vom Arzte dem mikroskopirenden Apotheker zur Beantwortung abgetretene Frage ist diejenige, ob in einem Auswurfe Tuberkelbacillen vorkommen oder nicht (sogenannte „Untersuchung des Tuberkelsputums"). Da bei dieser Untersuchung die vorerwähnte Ehrlich'sche Lösung eine grosse Rolle spielt (wenigstens bei der verlässlichsten Methode), so wollen wir diese Untersuchungsmethode schon hier, anschliessend an die Gram'sche Methode besprechen. Wir haben oben, bei Aufzählung jener Bakterien, welche sich nach der Gram-Günther'schen Methode färben, auch die Tuberkelbacillen erwähnt. Man könnte also ein auf dem Deckglase als Trockenpräparat ausgestrichenes Sputum mit der Gram'schen oder Günther'schen Methode behandeln und allerdings würden dann unter dem Mikroskope vielleicht unter anderen Bakterien die Tuberkelbacillen sich ebenfalls isolirt gefärbt präsentiren; so, wie wir aber schon oben erwähnt haben, ist es ungemein schwierig, wenn nicht oft unmöglich, blos aus der Gestalt und Grösse von Bakterien, welche ja oft bei ein und derselben Species ziemlich variabel ist, deren Species zu diagnosticiren. Da die Tuberkelbacillen die merkwürdige Eigenschaft besitzen, dass sie sich zwar nur schwer färben, aber die Färbung selbst bei Einwirkung stärkerer Säuren nicht abgeben, kann dieses ihr Verhalten zu ihrer isolirten Färbung und Erkennung dienen.

Die Tuberkelbacillen und die mit ihnen in Bezug auf Färbung verwandten Lepra- (Aussatz-) Bacillen gehören, wenn man das Zurückhaltungsvermögen der einmal aufgenommenen Anilinfarbstoffe berücksichtigt, in die 1. Classe. Diese Classen würden sich so gruppiren:

1. Classe: Tuberkel- und Leprabacillen, etwa auch Lustgarten's Syphilis- und Bunge's Smegmabacillen.

2. Classe: Actinomyces bovis, Diplococcus pneumoniae Fraenkel etc.

3. Classe: Cholera-, Typhus-, Diphtherie-, Recurrensbacillen etc.

Die der 1. Classe behalten den Anilinfarbstoff selbst bei Auswaschen in bedeutend angesäuertem Alkohol und sind natürlich nach der Gram-Günther'schen Methode isolirt färbbar.[1])

Die der 2. Classe sind nach der Gram-Günther'schen Methode färbbar, würden aber bei stark angesäuerten Waschflüssigkeiten dennoch ihren Anilinfarbstoff verlieren.

Die der 3. Classe färben sich leicht, geben aber den aufgenommenen Farbstoff auch sehr leicht ab, so z. B. schon durch Auswaschen in Alkohol, sie lassen sich daher nach der Gram-Günther'schen Methode nicht gefärbt erhalten.

Diese Gruppirung erleichtert ausserordentlich das Verständniss der ganzen Bakterien-Diagnostik mittelst Färbung, also auch die Isolirtfärbung der Tuberkelbacillen.

Man denke sich ein Gemenge von Bakterien aller drei Classen, wie es freilich in der Wirklichkeit selten vorkommt, z. B. eine Flüssigkeit, in welcher Recurrensbacillen (3. Classe), Milzbrandbacillen (2. Classe), Tuberkelbacillen (1. Classe) enthalten sind. Von dieser Flüssigkeit fertigen wir ein Deckglas-

---

[1]) Die Tuberkelbacillen lassen ihren Inhalt unter dem Einflusse des Jod-Jodkaliums zu kleinen Kügelchen zusammengeballt erscheinen, welche dem Ungeübten sporenhältige Bakterien oder Ketten von Streptococcen vortäuschen können.

Trockenpräparat, indem wir als Färbeflüssigkeit Ehrlich'sche Lösung anwenden und dieselbe noch etwas erwärmen. Die Erwärmung nämlich beschleunigt bekanntlich alle chemischen Actionen, also auch die rasche und sichere Färbung der Bacillen. Man führt sie am besten so aus, dass man einige Tropfen der Ehrlich'schen Lösung in ein (bei Siebert und Anderen erhältliches) Porzellanschälchen von der Grösse eines Uhrglases bringt, auf diese Färbeflüssigkeit das Trockenpräparat mit der Bacillenseite nach unten auflegt und nun auf einer kleinen Spiritusflamme oder über dem Cylinder einer Petroleum- oder Gaslampe so lange der Wärme aussetzt, bis deutliche Blasenbildung und Dampfen eintritt, aber ja nicht länger.

Durch dieses Verfahren sind nun die Bacillen aller Classen, auch die schwer färbbaren Tuberkelbacillen gefärbt worden.

Wir entfärben nun durch Abspülen in Wasser und nun haben wir in dem Trockenpräparate alle Formbestandtheile, also auch etwaige Structuren, Zellkerne etc. gefärbt erhalten. Wir werden also ganz deutlich die charakteristisch korkzieherförmig gestalteten Recurrensbacillen (Spirillen), die starken und grossen Stäbe des Milzbrandes und endlich die geraden, winzigen Stäbchen der Tuberculose wahrnehmen, sofern sie nicht durch die ebenfalls gefärbten Structuren verdeckt sind. Im Mikroskope erscheinen also die Structuren und die Bakterien aller drei Classen gefärbt.

Nun behandeln wir eben dasselbe Deckglas-Trockenpräparat nach Gram und es verschwinden sofort die Structuren und die Bakterien der dritten Classe, welche in dem Gemenge waren, hier also die korkzieherförmigen Recurrensbacillen, und wenn wirklich, wie wir angenommen haben, in dem Gemenge nebst etwaigen Structuren blos Recurrens-, Milzbrand- und Tuberkelbacillen vorhanden waren, so werden wir nach durchgeführter Gram'scher Entfärbung blos mehr die Milzbrand- und die Tuberkelbacillen gefärbt erkennen. Geben wir aber das nach Gram gefärbte Deckglaspräparat nunmehr auf 15 Secunden in ein Uhrglas, in welchem sich eine stark angesäuerte Waschflüssigkeit befindet, z. B. Alkohol, dem zwei Tropfen Acid. nitric. dil. (nach Prof. Rindfleisch) zugefügt wurden, waschen es dann in reinem Wasser aus, trocknen es und untersuchen es nun in einem Tropfen Canadabalsam bei Benützung des Condensors (Abbé'schen Beleuchtungsapparates) mit weiter Blende, so werden die vorhin stark gefärbten und durch ihre Grösse das Gesichtsfeld beherrschenden Milzbrandbacillen verschwunden sein, denn sie sind durch die stark saure Waschflüssigkeit ihres Anilinfarbstoffes beraubt worden, dagegen sehen wir jetzt in dem Präparate die winzigen Stäbchen der Tuberculose ganz isolirt gefärbt. Wir sehen also, dass die Tuberkelbacillen die stärkste Affinität zu dem einmal aufgenommenen Anilinfarbstoffe haben, sie sind, wie dies Ehrlich nachwies, am widerstandsfähigsten gegen Säuregemische. Darauf beruht die Diagnosticirung der Tuberkelbacillen im Sputum, wo ihre Verwandten, die Leprabacillen, wohl kaum in Frage kommen.

Zur Diagnosticirung der Tuberkelbacillen würde also die Gram-Günther'sche Methode dahin modificirt ausreichen, dass man eine stärker angesäuerte Waschflüssigkeit anwendet; aber man hat nach langem Hin- und Herprobiren einfachere Methoden wie die Gram'sche gefunden, bei welchen die Jod-Jodkaliumlösung wegbleiben kann.

Bevor wir die bewährtesten der speciell zur mikroskopischen Ermittlung von Tuberkelbacillen dienenden Färbemethoden besprechen, können wir es uns nicht versagen, einige Worte über die Geschichte der Nachweisung dieser gefährlichen Spaltpilze vorauszuschicken, denn diese Nachweisung ist nicht nur ein Triumph der modernen mikroskopischen Technik, sondern sie lehrt uns auch, wie viele Männer, vielleicht irrend in der Theorie, doch sicheren

Diagnostik durch die Tuberkelbacillenuntersuchung kamen die Instrumente in das alte Messing. Man war jetzt genöthigt, sich einer Oel- oder doch einer corrigirbaren Wasserimmersion[1]) und eines Abbé'schen Condensors zu bedienen, wie denn überhaupt diese modernen Hilfsmittel einerseits eine Grundbedingung waren, dass die bakteriologische Forschung ihre heutige Höhe erreichen konnte, andererseits durch die Anforderungen, welche die bakteriologische Wissenschaft an sie stellt, stets verbessert wurden und in den Apochromaten und den Abbé'schen Beleuchtungsapparaten mit hoher Apertur, Irisblende und Vorrichtung zum Heben und Senken eine fast kaum mehr zu übertreffende Vollkommenheit erreicht haben.

Was wir aber vom Arzte gesagt haben, das gilt auch für den Thierarzt und auch für den Apotheker, welch letzterer nicht selten in die Lage kommen wird, den Arzt von mancher nicht nur chemisch-diagnostischen, sondern auch mikroskopisch-bakteriologischen Arbeit zu entheben und deshalb sich auch auf die wichtigsten bakteriologischen Untersuchungen, von denen wieder die Sputumuntersuchung auf Tuberkelbacillen die am häufigsten vorkommende ist, einzurichten. Und nun gehen wir weiter. Koch hat sich auf Seite 221 der „Berliner klinischen Wochenschrift", Jahrgang 1882, zuerst über seine Methode, in Deckglaspräparaten mit tuberkelverdächtigem Sputum die Bacillen gefärbt zur Anschauung zu bringen, geäussert, und er bediente sich dazu folgender Farblösung: „200 *ccm* Aq. dest. werden mit 1 *ccm* concentrirter alkoholischer Methylenblaulösung wohl umgeschüttelt und unter wiederholtem Schütteln 0·2 *ccm* einer 10%igen Kalilauge zugefügt. Gut bereitet, soll diese Lösung selbst nach tagelangem Stehen keinen Niederschlag geben." In diese Färbetinctur brachte Koch die, wie oben ausgeführt, dargestellten Deckglaspräparate und beliess sie in derselben 24 Stunden. Dann nahm er die Deckgläschen aus der alkalischen Methylenblaulösung heraus und übergoss deren Präparatseite, ohne sie zuvor in Wasser zu waschen, direct mit einer concentrirten wässerigen Lösung von Bismarckbraun (Vesuvin), in welcher das Präparat nach dem Uebergiessen noch ein bis zwei Minuten liegen blieb. Sodann wurde das Deckglas so lange mit Aq. dest. abgespült, bis die blaue Farbe scheinbar gänzlich verschwunden war.

In diesen Präparaten war nun alles braun, blos die stäbchenförmigen Gebilde der Tuberkelbacillen erschienen blau gefärbt. Es handelte sich also um eine Art Diffusion, eine Verdrängung der alkalischen Anilinfarbelösung des Methylenblau durch das Vesuvin in den Structuren und allen Bakterien, die etwa im Sputum enthalten waren, bis auf die Tuberkelbacillen, welche die einmal aufgenommene Anilinfarbe zähe in sich festhielten. Die Tuberkelbacillen färben sich nämlich mit gewöhnlichen Färbelösungen (wässerigen oder alkoholisch-wässerigen Anilinfarbelösungen) gar nicht, und da nach vielen Versuchen Koch erst durch Versetzung der Methylenblaulösung mit Alkalien zum Ziele gelangte, so stellte er die These auf, dass die Tuberkelbacillen nur unter gleichzeitiger Einwirkung von Alkalien den Anilinfarbstoff in sich aufnehmen, eine Ansicht, die Ehrlich veranlasste, die mineralischen Alkalien Koch's durch die organischen Basen des Anilinöls zu ersetzen, weil dieses mehr Farbstoff aufzunehmen vermag, als die Kalilauge. So erfand Ehrlich die vielverwendete, namentlich im Gram-Günther'schen Verfahren unentbehrliche „Ehrlich'sche Lösung" und stellte die Hypothese auf, dass die schleimige Hülle, welche mehr weniger alle Bakterien umgibt, für alkalisch reagirende basische Anilinfarbstoffe besser durchgängig sei und dass die am

---

[1]) Es reicht, wie insbesondere Jaksch in Prag in seiner „Klinischen Diagnostik" hervorhebt, ein gutes Trockensystem (z. B. Reichert's 8a) zur Wahrnehmung der gefärbten Tuberkelbacillen aus, aber nur der geübte Fachmann wird meiner Ansicht nach in der Lage sein, ohne Immersion die Tuberkelbacillen als solche zu erkennen.

gefüllt, Anilinöl und Wasser tüchtig durchgeschüttelt und sofort durch ein kleines Filter, das man in freier Hand halten kann, in ein zweites Reagensglas filtrirt. Zum wasserklaren Filtrat fügt man acht Tropfen einer concentrirten, weingeistigen Fuchsinlösung, zu welcher blos die in Alkohol lösliche Fuchsinsorte verwendet wurde. Jetzt stellt man vor sich:

1. Ein Uhrgläschen, halbgefüllt mit Spiritus, dem zwei Tropfen Acid. nitric. dilut. zugefügt wurden, auf ein Stück weissen Papiers;
2. ein Uhrgläschen, halb gefüllt mit der obigen Fuchsinlösung;
3. eine (mit nicht zu grösser Flamme brennende) Spirituslampe.

Man fasst nun das Deckgläschen, auf dem das verdächtige Sputum getrocknet ist, mit der Pincette am Rande und zieht es dreimal, das Sputum nach oben gekehrt, durch die Spirituslampe, „so schnell, wie man Brot schneidet".

Hiedurch wird das Eiweiss für die weitere Behandlung homogenisirt. Nun wird das Deckgläschen mit der Präparatseite auf die Färbeflüssigkeit gelegt und schwimmen gelassen, das ganze Uhrschälchen aber nun mit der Pincette gefasst und so lange dicht über die Spiritusflamme gehalten, bis die Flüssigkeit anfängt zu dampfen. Nach diesem wird das Deckgläschen mit der Pincette von der Flüssigkeit genommen, in bereitstehendem Wasser oder einem Wasserstrahl abgespült und in den angesäuerten Spiritus gelegt. Hier lösen sich alsbald violette Wolken von dem Präparate ab, und nach 10 bis 15 Secunden erscheint das Glas bis auf wenige Spuren entfärbt. Jetzt wird es mit der Pincette herausgehoben, sofort abermals mit Wasser abgespült, getrocknet und in Canadabalsam gelegt. Diese Modification des Ehrlich'schen Verfahrens ist vorzüglich, nur hat sie nach Orth, Brun, Dr. Kaatzer[1]) und Unna die unangenehme Eigenschaft, dass die Färbung der Tuberkelbacillen, selbst wenn man die Präparate sorgfältig vor dem alle Anilinfarben bleichenden Tageslichte schützt, nach Monaten verblasst, was genannte Autoren Resten der Salpetersäure, welche trotz alles Waschens im Präparate verbleiben, zuschreiben und deshalb zur Entfärbung, ähnlich wie Petri-Görbersdorf Essig- und Hartzell Oxalsäure, anstatt der Salpetersäure Salzsäure verwenden, so z. B. Dr. Peter Kaatzer eine Mischung aus 100 *ccm* 90%igem Alkohol, 20 *ccm* Wasser und 20 Tropfen Acid. muriatic. concentr. Auch zieht Kaatzer das Gentianaviolett allen anderen Farbstoffen vor, und thatsächlich erscheinen die Stäbchen mit diesem Farbstoffe etwas dicker, als wie wenn man sie mit Methylenblau färbt; Fuchsin hat übrigens die gleiche Wirkung.

Seither wurden alle möglichen Modificationen der Tuberkelbacillenfärbung in Fachblättern als angebliche Verbesserungen gebracht.

Da aber eine Sputum-Untersuchungsmethode so wichtige, oft die ganze zukünftige Lebensführung von Familien entscheidende Fragen zu lösen hat, wird man gut thun, sich an das Bewährte zu halten, und da zur Sammlung von Erfahrungen stets eine gewisse Zeit nöthig ist, so wird man als „bewährt" stets nur eine der älteren Methoden empfehlen können.

Allerdings wird uns nicht versagt sein, neuere Erfahrungen und Behelfe in der älteren Methode nutzbringend zu verwenden, so z. B. zum sicheren Halten der Deckgläser die bei Rudolf Siebert u. A. erhältliche Cornet'sche Deckgläschenzange, welche es ermöglicht, die Deckgläschen sicher zu halten, ferner statt des Uhrgläschens ein weisses flaches, beim Kochen nicht dem Zerspringen ausgesetztes Porzellanschälchen etc. etc.

[illegible]ne solche seit Jahren bewährte, von mir wiederholt mit Erfolg ver[illegible] Methode ist jene von Dr. Peter Kaatzer, welche er auf Seite 13

---

[1]) Die Technik der Sputum-Untersuchung auf Tuberkelbacillen von Dr. med. Peter [illegible]er, Wiesbaden, Verlag von J. F. Bergmann, 1884.

So Dr. Kaatzer, und ich habe seiner bewährten Methode nur beizufügen, dass es nach dem Vorgange des Bakteriologen Dr. Karl Günther in Berlin gut ist, wenn man das Deckglas (vor dem Betrachten des Trockenpräparates, also ehe man es auf den Objectträger bringt, jedoch nachdem man es nach vollzogener Contrastfärbung mittelst Vesuvin abgespült und an der Luft getrocknet hat) noch dreimal durch die Spiritusflamme zieht, so wie wenn man ein Trockenpräparat frisch anfertigen wollte. Dieses nochmalige Durchziehen durch die Flamme bewirkt eine Austrocknung und Unschädlichmachung der letzten Spuren von Säure, welche auch bei sorgfältigem Lichtschutze das Verblassen der Anilinfarbe in den Bacillen begünstigen würden, und verleiht den Präparaten eine grosse Haltbarkeit. Die Tuberkelbacillen erscheinen bei offenem, respective bei mit recht weiter Blende versehenem Condensor als violette (bei Fuchsinfärbung glänzend rothe, bei Gentianafärbung dunkelviolette) Stäbchen, welche zuweilen leicht gekrümmt sind, auf dem Grunde der Contrastfärbung, welche die Structuren und nicht tuberculösen Bacillen erhalten haben. Dr. Kaatzer, viele Andere und auch meine Wenigkeit verwenden zur Contrastfärbung nach dem Vorgange Koch's Vesuvin, Andere ziehen Methylenblau vor, welches namentlich zu Fuchsin eine schöne Contrastfarbe bildet. (Fig. 193.)

Die Länge der Bacillen variirt zwischen 1·6 bis 3·5 μ, manche Stäbchen zeigen perlartige eiförmige ungefärbte Räume, welche man als Sporen gedeutet hat; es handelt sich aber um keine Sporenbildung, sondern wahrscheinlich um einen Degenerationsvorgang (Plasmolyse, Vacuolenbildung), vielleicht eine Involutionserscheinung, weil die Sporen bei allen anderen Bakterien stets in gleicher Zahl in einem Stäbchen auftreten, während die ungefärbten Räume der Tuberkelbacillen in ungleicher Zahl in einem Stäbchen vorhanden sind; auch sind alle Bakteriensporen resistenter als der übrige Bacillenleib. Die ungefärbten Räume der Tuberkelbacillen dagegen sind nicht widerstandsfähiger als das übrige Plasma des Bacillenleibes. Auf die nicht sporenartige Natur dieser Hohlräume schliesst man auch unter Anderem daraus, dass man die Sporen bei anderen Bakterienarten separat färben kann. Man kocht nämlich nach Ziehl die Deckglas-Trockenpräparate, also die Deckgläschen mit den angetrockneten Bakterien, eine Stunde lang in einer wie folgt zusammengesetzten Lösung:


Fig. 193.

100 *ccm* Aq. dest.
1 *gr* Fuchsin (wasserlösliches!)
10 *ccm* Alcohol. absol.
5 *gr* Acid. carbol. crystallis.

Man lässt die Deckgläser nach einstündigem Kochen in der Lösung erkalten und wäscht sie dann unter beständiger Controle durch Betrachten unter dem Mikroskope so lange in Alkohol aus, bis nur die Sporen gefärbt, die Bakterienleiber farblos erscheinen.

Färbt man dann die lufttrocken gewordenen Deckgläser mit verdünnter alkoholischer Methylenblaulösung nach, so erhält man die Bakterienleiber als tiefblaue Stäbe, in denen die Sporen als glänzendrothe Reihen eiförmiger Perlen erscheinen. Um dieses Phänomen an Tuberkelbacillen nachzuweisen, fehlt bisher eine Methode, die eiförmigen Hohlräume derselben konnten bis jetzt auf keine Weise gefärbt werden; würde dies gelingen, so wäre die Analogie mit den Sporen anderer Bakterien hergestellt, bis dahin bleibt sie hypothetisch.

Die vorgedachte Ziehl'sche Carbol-Fuchsinlösung färbt wohl die Leibesmasse der Tuberkelbacillen, aber die Hohlräume bleiben auch nach Kochen in „Ziehl'schem Carbolfuchsin", wie man die in Rede stehende Farblösung kurz zu benennen pflegt, ungefärbt. Leicht in Beziehung zu bringen ist die Erscheinung dieser Hohlräume, welche nicht in allen Tuberkelbacillen auftreten, aber namentlich bei Speichel-Deckglas-Trockenpräparaten häufig zu sehen sind, mit der Seite 274 in einer Fussnote erwähnten Zusammenballung des Tuberkelbacillenplasmas zu kleinen Kügelchen unter dem Einfluss von Jod-Jodkalium, da es sich vielleicht doch um eine analoge Erscheinung handelt. Bevor man sich nicht überzeugt haben wird, ob analoge Hohlräume auch an ungefärbten, mit sehr guten homogenen Apochromatimmersionen von sehr hoher Apertur beobachteten Tuberkelbacillen zu sehen sind, ist es möglich, dass es sich um eine durch die Einwirkung des Färbe- oder Entfärbemittels entstandene Zusammenziehung des Bakterienleibes handelt. Hier interessirt uns dies nicht weiter, aber die Thatsache, dass gefärbte Tuberkelbacillen häufig solche Hohlräume zeigen, ist für die Bakterioskopie wichtig, weil sie jedenfalls ein charakteristisches Merkmal der Tuberkelbacillen bildet. Es gibt schon sehr viele Methoden von Tuberkelbacillenfärbung: nach Koch, nach Ehrlich, nach Ziehl-Neelsen, Bernhard Fränkel, Gabbet, Kühne, Letulle u. v. A., doch genügt es für diesen Leitfaden, wenn wir noch die Ziehl-Neelsensche Methode (die den Vorzug hat, dass man die vorbeschriebene Ziehl'sche Carbolfuchsinlösung sehr lange vorräthig halten und sich nicht erst jedesmal frisch bereiten muss) und einige ihrer Modificationen durchnehmen. Bei dieser Methode ist, wie schon erwähnt wurde, das basische Anilinöl durch die Carbolsäure ersetzt.

Man färbt nämlich in kochendem Carbolfuchsin (100 *ccm* Aq. dest., 1 *gr* Fuchsin, 10 *ccm* Alkohol absol., 5 *gr* Acid. carbol. crystall.), indem man die Färbelösung auf das Deckglas-Trockenpräparat oder einen ähnlich behandelten Objectträger auftropft und das Deck- oder Objectglas über eine Spiritusflamme oder den Cylinder einer Petroleumlampe hält, bis die Farblösung kocht. Hierauf kann man das Deckglas in eine Tuschschale mit Carbolfuchsin, die gefärbte Seite nach unten, legen und fünf bis zehn Minuten schwimmen lassen. Objectträger dagegen kommen in den oben beschriebenen Zimmermann'schen Apparat (zwei ineinander gestellte Krystallisirschalen, deren mit der Farblösung gefüllter Zwischenraum zur Aufnahme der Objectträger dient). Dann wird in Wasser abgespült und in 5%iger Schwefelsäure oder 15%iger Salpetersäure entfärbt, in 70%igem Alkohol ausgewaschen, auf 1½ Minuten in wässeriges Methylenblau oder Vesuvin eingelegt, dann mit destillirtem Wasser gut abgespült, unter Blasen oder Fächeln an der Luft getrocknet und nach vollständiger Trocknung mit Canadabalsam eingeschlossen.

Czaplewski hat das Verfahren etwas modificirt, indem er die Befürchtung hegt, dass durch die starke Säureeinwirkung leicht sogar den Tuberkelbacillen der Farbstoff entzogen werden könnte, was besonders bedauerlich ist, wenn es sich um Objecte mit nur wenig Bacillen handelt. Er bedient sich zum Entfärben und zur gleichzeitigen Gegenfärbung des Fluoresceïnmethylenblau, nämlich einer Lösung des gelben Fluoresceïn in Alkohol, soviel als nur aufgenommen wird, der Methylenblau in Substanz bis zum Ueberschuss zugesetzt wurde. Man färbt also nach Czaplewski in Ziehl'schem Carbolfuchsin, welches bis zum Sieden erhitzt wird, durch drei bis fünf Minuten, lässt abtropfen, taucht das Deckglas oder den Objectträger sechs- bis zehnmal hintereinander in das beschriebene Fluoresceïnmethylenblau, wobei man dieses jedesmal langsam vom Deckglase abfliessen lässt. Dann färbt man noch in concentrirter alkoholischer Methylenblaulösung durch zehn- bis zwölfmaliges Eintauchen

und Abfliessenlassen nach. Hierauf wird rasch mit Wasser abgespült, getrocknet und in Canadabalsam untersucht. Kitt hat die Ziehl'sche Methode nach Kühne und Hueppe modificirt, wobei das Kochen entfällt. Bei diesem sehr einfachen Verfahren legt man das Deckgläschen auf zehn Minuten in ein Schälchen mit kalter Carbol-Fuchsinlösung (nach Kühne Fuchsin 1, Alkohol 10, 5%ige Carbolsäure 100 Gewichtstheile), schwenkt es in einem Lavoir mit Wasser hin und her, taucht fünf Secunden lang in ein Gemisch von 1 Theil Salzsäure und 10 Theilen Wasser ein, spült in Wasser sehr gut ab, lässt trocknen und kann nun schon untersuchen. Will man eine Contrastfärbung haben, so färbt man mit Methylenblauwasser die Structuren nach, trocknet neuerlich und untersucht. Hat man am Krankenbette keinen Canadabalsam zur Hand, so kann man auch in einem Tropfen Oel untersuchen, oder wenn man eine Wasserimmersion anwendet, was heute wohl selten geschieht, auch als Einschlussflüssigkeit einen Tropfen Wasser nehmen.

Man hat neuerdings versucht, die Färbung noch zu vereinfachen. So behauptet Marian-Dorset (im „Med. Journ.", New-York, 4. Februar 1899), dass sich Tuberkelbacillen isolirt färben, wenn man das betreffende Object auf fünf Minuten in eine 8%ige Lösung des Anilinfarbstoffes „Sudan III" einlegt und dann fünf Minuten in 70%igem Alkohol abspült. Uebrigens getraue ich mir über diese gewiss sehr expeditive Methode hinsichtlich ihrer Verlässlichkeit kein Urtheil abzugeben.

Wir haben also nunmehr gelernt, mittelst des Mikroskopes und mit Hilfe mehr weniger complicirter Färbemethoden Tuberkelbacillen im Sputum zu erkennen. Natürlich lassen sich bei Darmtuberculose mit Hilfe des Deckglas-Trockenpräparates auch im Stuhlschleime bei sogenannten phthisischen Diarrhoen Tuberkelbacillen nachweisen und diese Diarrhoen dadurch als Symptome einer tuberculösen Erkrankung diagnosticiren. Bei dieser letzteren Untersuchung kann leicht der Irrthum unterlaufen, Cholesterin-Krystallnadeln, welche merkwürdigerweise sich bei der Färbung und Entfärbung wie die Tuberkelbacillen verhalten, für letztere anzusehen, natürlich nur dem Ungeübten. Ich mache aber aufmerksam, dass solche Irrthümer, selbst beim Ungeübten, wesentlich eingeschränkt werden, wenn man nicht, wie die meisten Bakteriologen, nur den ganz offenen Condensor zur Beschau verwendet, sondern soviel abblendet, dass die Contouren bei ungeschwächter Intensität der Farbe hervortreten, ohne Diffractionssäume zu zeigen. Man sieht dann die Form der Objecte im Gesichtsfelde besser als bei der maximalen Beleuchtung, welche man ja zur Vermeidung von Irrthümern zur Controle heranziehen kann; und die Form der Tuberkelbacillen ist eine so charakteristische, dass sie manchen Irrthum ausschliesst. Nicht so die Farbe, welche, wie ja einer der enragirtesten Anhänger der maximalen Beleuchtung mit offenem Condensor, Dr. med. Karl Günther in seiner „Einführung in das Studium der Bakteriologie" auf Seite 182 u. ff. (2. Auflage, 1892) in einem Athem mit der in einer Fussnote angebrachten neuerlichen Empfehlung, ja nur mit ganz offenem Condensor zu arbeiten, angibt, durchaus nicht nur von den Tuberkelbacillen angenommen und festgehalten wird, sondern auch von manchen Schimmelpilzsporen, Mikrococcen, Haaren und dergl., so dass diesfalls für den Ungeübten Vorsicht geboten ist, namentlich wo es sich um so wichtige Constatirungen handelt, wie bei der Untersuchung des Sputums auf Tuberkelbacillen! Die beste Richtschnur, um Irrthümer zu vermeiden, wird hier die alte mikroskopische Regel sein, das fragliche Object nicht nur mit einer Art, sondern mit verschiedenen Arten der Beleuchtung zu untersuchen, zu welchen Modificationen ja jedes bessere moderne Mikroskop — und nur ein solches kann

zu Bacillenuntersuchungen mit Sicherheit benützt werden — die Einrichtung besitzt. Harting, der berühmte Classiker der Mikroskopie, sagt hierüber sehr schön:

„Ein Beobachter, der einen Gegenstand nur in einem besonderen Zustande der Beleuchtung durch ein Mikroskop geschaut hat, besitzt davon eine gleich unvollständige Vorstellung, wie ein durchziehender Reisender von einer schönen Landschaft, auf die er blos im Vorbeigehen einen Blick geworfen hat und in der sich, je nachdem sie von der Morgen- oder Abendsonne beschienen oder durch die Mittagssonne im vollen Glanze bestrahlt wird oder aber mit schwarzem Gewölke bedeckt ist, abwechselnde neue Schönheiten dem Auge darstellen." Wenn wir also, wie beschrieben, die Untersuchungen auf Tuberkelbacillen auf's Gewissenhafteste vorgenommen und in einem Präparate (man macht von einem auf den schwarzlackirten Teller gebrachten Sputum gewöhnlich mehrere Deckglas-Trockenpräparate und sucht dabei mit der ausgeglühten Platinnadel kleine, käsige Bröckchen zu erhaschen, denen man das winzige Körnchen des „auszustreichenden" Materiales entnimmt) Tuberkelbacillen gefunden haben, so obliegt natürlich die weitere Diagnose und Prognose nach Menge und Intensität der Nebenerscheinungen dem behandelnden Arzte; nichtsdestoweniger wird es aber gut sein, wenn sich auch der Untersuchende, wenn er auch mit dem behandelnden Arzte nicht ident sein sollte, über die Bedeutung seines Befundes, bezüglich welches ja manche bange Frage oft an ihn gestellt werden dürfte, einigermassen Rechenschaft geben kann. Ueber die diesfälligen einschlägigen Gesichtspunkte werden die folgenden Zeilen handeln.

Die Lungen- oder auch die Kehlkopf- und Luftröhrenschwindsucht, bei welcher wir Tuberkelbacillen im Sputum finden, ist zweifellos als Tuberculose der Lungen, respective als Tuberculose des Kehlkopfes und der Luftröhre anzusehen. Da nun der Tuberkelbacillus in grösserer Menge stets blos in den Absonderungen tuberculöser Processe gefunden wird und ausserhalb des menschlichen Körpers (nach Cornet) auch nur dort vorkommt, wo phthisisches Sputum Gelegenheit hat, anzutrocknen und dann zu verstäuben, so kann der Befund von Tuberkelbacillen im Sputum in der Regel keineswegs damit erklärt werden, dass das betreffende Individuum dieselben etwa soeben mit dem Staube aspirirt hat. Andererseits aber wäre es nach Dr. Friedländer in Berlin, welcher diese Fragen eingehend studirt hat, ein grober Fehler, aus dem Befunde von Tuberkelbacillen im Sputum den Schluss zu ziehen, dass der betreffende Patient der allgemeinen Tuberculose verfallen und in Folge dessen verloren ist, vielmehr steht fest, dass beim Menschen die durch Tuberkelbacillen verursachte Affection in vielen Fällen durch Jahre und Jahrzehnte hindurch relativ gutartig und local begrenzt bleibt, eventuell mehr oder minder vollständig ausheilt. Dr. Friedländer sagt: „Wir werden also aus dem Befunde der Tuberkelbacillen im Sputum stets eine ernste, aber durchaus nicht ohne Weiteres eine unbedingt schlechte Prognose abzuleiten haben; es ist ja bekannt, dass selbst ausgedehnte phthisische Zerstörungen in den Lungen unter günstigen Umständen zum Stillstande kommen und dass nicht jede Phthisis incipiens zur Zerstörung der Lunge führen muss. Jedenfalls aber wird die Diagnose der tuberculösen Erkrankung auf das Regimen des Patienten etc. von bestimmendem Einflusse sein."

Darüber, ob bei bestehendem Auswurfe, Abmagerung etc. unter gleichzeitigem constanten Fehlen von Tuberkelbacillen im Sputum ein Abscess, zerfallender Tumor u. dergl. vorhanden ist, wird im speciellen Falle stets der behandelnde Arzt unter Berücksichtigung der übrigen Krankheitssymptome zu urtheilen haben. Aber auch hier kann uns das Trockenpräparat einigen

Aufschluss geben. Färben wir das Trockenpräparat mit Vesuvin in den Structuren und fehlen die etwa mit Gentianaviolett zu färben versuchten Tuberkelbacillen, so werden wir nunmehr den übrigen, mit Vesuvin braungelb gefärbten Structurelementen erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden haben. Findet man unter denselben nebst Eiterkörperchen auch die in Fig. 194 abgebildeten sogenannten elastischen Fasern (jedoch keine Tuberkelbacillen), so kann man, da diese elastischen Fasern Bestandtheile des Lungengewebes sind, zuverlässig auf einen anderweitigen Zerstörungsprocess in den Lungen schliessen, der ja nicht gerade tuberculöser Natur sein muss, z. B. einen im Zerfall begriffenen Tumor, einen Abscess etc. Die erwähnten elastischen Fasern finden sich übrigens, wenn auch in geringerer Quantität, in den Sputumpräparaten bei heftigen Lungenentzündungen und — was sehr wichtig ist — unter gleichzeitiger Anwesenheit von Tuberkelbacillen bei vorgeschrittener Tuberculose. Dieselben sind nämlich Bestandtheile des normalen Lungengewebes und werden bei jeder Zerstörung desselben mit dem Auswurfe nach aussen befördert.[1])



Fig. 194.

Um andererseits in den Absonderungen auch nur in geringer Anzahl enthaltene feste Theile, also auch Bacillen und elastische Fasern aufzufinden, empfiehlt es sich, die Absonderung zu sedimentiren. Sehr zu empfehlen sind die Sedimentirungsverfahren nach Biedert und Dahnen, da sie vom Praktiker, auch ohne im Besitz von Schüttel- oder Centrifugirapparaten zu sein, angewendet werden können. Biedert gibt circa 15 *ccm* des Sputums in eine ganz reine Kochschale aus Porzellan (Abdampfschälchen) und verdünnt es mit zwei Esslöffeln voll Wasser. Hierauf setzt er, je nach der Zähigkeit des Sputums, 7 bis 15 Tropfen Natronlauge zu, vermischt gut mit einem in Sodalösung gut ausgekochten Glasstabe, erhitzt dann die Mischung bis zum Kochen und fügt während des Kochens 4 bis 6 Esslöffel Aq. destill. zu. Diese Flüssigkeit lässt man nun 48 Stunden lang in einem Spitzglase absetzen (sedimentiren) und untersucht blos den Bodensatz als Deckglas-Trockenpräparat. Sollte dieser zu dünn sein, um ihn gut zu einer zarten Schichte auszubreiten, so vermische man ihn nach Bedarf mit unverdünntem Speichel desselben Kranken.

Dahnen hat, um zu vermeiden, dass die Procedur mehr als 48 Stunden in Anspruch nimmt, das Verfahren Biedert's verbessert. Er erhitzt nämlich das verdünnte Sputum 15 Minuten in einem in siedendes Wasser oder in Dampf getauchten Reagensglase (Eprouvette), ohne es bis zum Kochen kommen zu lassen. Der nach Abgiessen der oben stehenden Flüssigkeit im Fundus der Eprouvette zurückgebliebene Bodensatz stellt sich als ein käsekrumenartiger Niederschlag dar. Man zerreibt ihn in einem Achatmörser und er lässt sich dann leicht zu einem Deckglas-Trockenpräparat verarbeiten.

Aehnlich lassen sich auch Harnsedimente, Milch, Eiter etc. zu Deckglas-Trockenpräparaten verarbeiten.

Eine besondere Behandlung, und zwar eine Färbung in der betreffenden Tuberkelbacillen-Färbeflüssigkeit durch einige Stunden (bis zu zwölf), erfordern

[1]) Vor Verwechslung solcher Fasern mit Nahrungsfragmenten ist der Ungeübte niemals sicher und soll deshalb ein Anfänger solch eine Diagnose niemals ohne Entnahme von Sputis desselben Individuums (welches sich Mund und Zähne wohl reinigen und nüchtern sein soll) zu mehreren verschiedenen Malen stellen. Eine chemische Reaction auf elastische Fasern folgt im nächsten Abschnitt, sichert aber auch nicht vor Fehldiagnosen, da z. B. nach Genuss eines Beuschels, welches elastische Fasern in Menge enthält, wirklich elastische Fasern von dem betreffenden Thiere im Sputum vorkommen können und sowohl den eigenthümlichen Glanz, als die charakteristische Reaction derselben zeigen.

auf Tuberkelbacillen zu untersuchende, kranken Organen entnommene Schnitte, die das Anwenden kochender Färbeflüssigkeiten nicht vertragen und in kalten Lösungen behandelt werden müssen. Hier bemerken wir noch, dass die Tuberkelbacillenfärbung in Schnitten von Objecten, welche in Müller'scher Flüssigkeit gehärtet wurden, besondere Schwierigkeiten machte. Letuile hat im Jahrgang 1892 der „Bulletins de la Société Anatomique de Paris“ ein Verfahren zur Färbung solcher Schnitte auf Tuberkelbacillen gegeben. Sie werden in Wasser gut ausgewaschen, in Hämatoxylin vorgefärbt, dann kurz in Wasser abgespült, hierauf 15 Minuten in 2%igem Phenylwasser, in welchem bis zur Sättigung die „Rubin“ genannte Anilinfarbe gelöst worden ist, gefärbt, schnell in Wasser abgewaschen (eine Minute), fünf Minuten lang in 2%iges Phenylwasser (100 *gr*), in welchem 1 *gr* „Jodgrün“ aufgelöst wurde, eingelegt, in absolutem Alkohol abgespült, mit Xylol oder Bergamottöl behandelt und in Canadabalsam betrachtet. Die Zellkerne des Gewebes erscheinen violett, die Tuberkelbacillen carminroth, die hyalinen Gewebstheile kirschroth und das übrige Gewebe graulila.

Wir haben oben ausführlich über die Anfertigung mikroskopischer Schnittpräparate gehandelt, und so brauchen wir hier blos zu erwähnen, dass man die Schnitte für bakteriologische Zwecke 1. aus in Alkohol gehärtetem Material anfertigt, 2. dieselben möglichst dünn macht, letzteres, weil man zur Untersuchung auf Bakterien natürlicherweise viel stärkere und daher lichtschwächere Vergrösserungen anwendet als zu histologischen Beobachtungen, ersteres, weil viele Bakterien, so z. B. die Recurrensspirillen, äusserst empfindlich gegen Säuren sind, in denen sie sich auflösen, also die Behandlung mit Chromsäure und ähnlichen Härtungsflüssigkeiten nicht überdauern würden. Von den Cholerabacillen wird ja eine ähnliche Empfindlichkeit gegen Säuren behauptet, und so wenig wir sonst geneigt sind, die Bakterien zu schonen, so sehr müssen wir ihrer individuellen Empfindlichkeit Rechnung tragen, wenn wir sie bei einer Untersuchung in concreto nachzuweisen haben. Im Uebrigen können wir alle bei der Herstellung von Trockenpräparaten zum Färben der betreffenden Bakterien und Structuren verwendeten Färbflüssigkeiten und Methoden anwenden, so namentlich die Gram'sche und die Gram-Günther'sche Methode. Für gewöhnliche Färbungen, bei denen auch die Zellkerne gefärbt erscheinen, eignet sich die Löffler'sche Methylenblaulösung, ein Gemisch aus 30 *ccm* alkoholischer, gesättigter Methylenblaulösung und 1·00 *ccm* Kalilauge, bestehend aus 1 Theil Kalihydroxyd und 10.000 Gewichtstheilen Wasser. Diese Lösung ist sehr haltbar. Die Färbung des Schnittes erfolgt stets in einem Porzellanschälchen von Uhrglasform, eventuell unter Anwendung von Erhitzung bis zum Dampfen; hierauf wird mit einer Nadel der Schnitt auf fünf Minuten in Wasser übertragen, aus dem Wasser in eine 5%ige Essigsäure, welche den Schnitt vor Ueberfärbung sichert und etwas aufhellt, aus der Essigsäure in gewöhnlichen Alkohol auf eine halbe Minute, aus diesem in absoluten Alkohol auf eine weitere halbe Minute, aus diesem in Nelkenöl, welches den Schnitt aufhellt und dessen Aufbewahrung in harzigen Substanzen, wie z. B. in Canadabalsam, möglich macht, auf eine Minute gebracht; dann [illegible] Schnitt mit dem Spatel auf den Objectträger übertragen, mit Filtrir- [illegible] Deckglas mit einer Pincette unter thunlichster Vermeidung [illegible] Weise aufgelegt, dass es zuerst mit dem einen Rande [illegible] welches den Schnitt bedeckt, gelegt und dann [illegible] das Präparat ist zur Untersuchung fertig. [illegible] das grosse Gebiet der Bakterien- [illegible] Praktiker leider die Tinction [illegible] Tuberculose, eine sichere [illegible] Behandlung lebender Objecte.

in diesem Leitfaden zu besprechenden Züchtungsversuche mit lebenden Bakterien vorzunehmen.

Nur einige wenige Winke wollen wir hier hinsichtlich der mit den Tuberkelbacillen leicht verwechselbaren Bacillen der Pseudotuberculose und der Leprabacillen geben, ferner die Färbung der Geisseln der Bakterien besprechen. Was die Pseudotuberkelbacillen anbelangt, so sei bemerkt, dass sich bei verschiedenen Krankheitsprocessen der Menschen und Thiere pathologisch-anatomische Veränderungen der Organe ausbilden können, welche ohne Zuhilfenahme des Mikroskopes den Verwüstungen echter Tuberculose täuschend ähnlich sehen. In der Praxis ist die Diagnose meist nicht schwer, da sich die unechten Tuberkelbacillen mit verdünnten wässerigen Farblösungen, z. B. Methylenblau, leicht färben lassen, aber bei Behandlung mit verdünnten Säuren die Farbe wieder leicht abgeben, während bekanntlich die Färbungsmethode der Tuberkelbacillen auf dem Festhalten der Farbe seitens der Tuberkelbacillen beruht. Die Leprabacillen (Bacillen des Aussatzes, welcher „Lepra“ genannt wird) dagegen halten den Farbstoff fast ebenso fest wie die Tuberkelbacillen. Sie sind die einzigen bisher bekannt gewordenen Bakterien, welche sich nach der Tuberkelbacillenmethode färben lassen; nur erfolgt die Färbung leichter und schneller. Bei Zimmertemperatur lassen sie sich z. B. mit Ehrlich'schen Lösungen schon in einer halben Stunde färben. Auch färben sie sich nach Gram, wie wir schon oben erwähnt haben. Die Anordnung der Leprabacillen ist, wo sie sich in Geweben vorfinden, eine ganz andere als bei den Tuberkelbacillen. Diese erscheinen in wellig geordneten Gruppen, während die Leprabacillen in Bündeln in den Gewebszellen eingelagert sind.

Trotz dieser Unterschiede hat Baumgarten eine Färbemethode eigens zu dem Zwecke ersonnen, um die Leprabacillen von den Tuberkelbacillen zu unterscheiden.

Um diese Färbung auszuführen, stellt man ein Uhrschälchen oder eine Tuschschale mittlerer Grösse voll mit Wasser vor sich hin und gibt fünf Tropfen alkoholischer (concentrirter) Fuchsinlösung hinein. Dann bringt man das Object in diese Lösung, lässt es jedoch blos sechs bis sieben Minuten darin. Die Zeit muss sehr genau eingehalten werden, weil sich eben in dieser Zeit mit kalter Lösung wohl die Lepra-, nicht aber die Tuberkelbacillen färben. Hierauf entfärbt man das Object in saurem Alkohol (Alkohol von 90% zehn Theile, Acid. nitr. conc. [sogenanntes „Scheidewasser“ genügt] ein Gewichtstheil). Dann wird in Wasser gewaschen und eine Contrastfärbung mit wässeriger Methylenblaulösung vorgenommen. Nach Vornahme dieser wird nur wenig ausgewaschen, eine Minute in Alcohol. absol. eingelegt, dann in Xylol und hierauf in Canadabalsam eingeschlossen.

Die Leprabacillen erscheinen als sehr zarte Stäbchen mit etwas verwischten Ecken. Die besten Objective zeigen helle Stellen in ihnen, die aber wahrscheinlich keine Sporen sind.

Färbung der Geisseln an den Bakterien.

Die beweglichen Bakterien, über welche noch weiter unten, bei Besprechung der Behandlung des lebenden Objectes, wird Einiges erwähnt werden müssen, besitzen als Fortbewegungsorgane Geisseln, die unbeweglichen nicht. Wenn wir hier erwähnen, dass bei sich ähnlich sehenden Bakterien die Geisseln verschieden angeordnet, d. h. an verschiedenen Stellen und in verschiedener Zahl dem Bakterienleibe angesetzt erscheinen, so wird man ermessen, dass die Sichtbarmachung dieser Geisseln gewiss auch für den Praktiker eine grosse Bedeutung haben dürfte. Leider sind nämlich die Geisseln wegen ihrer Zartheit im Leben, in welchem sie in schnellschwingender Be-

Eisen (Molybdän) etc. verwendet. Hornhaut, Netzhaut, Nervengewebe,[1]) die Abgrenzungen der endothelialen Zellen werden durch Metallimprägnition, z. B. mit Arg. nitr. 1, gelöst in Aq. dest. 500, hervorgehoben. In der Praxis kann in pathologischen Fällen die Silberimprägnition zur Constatirung eines endothelialen Ueberzuges an einer vorliegenden Fläche dienen. Im Uebrigen findet die Metallimprägnition meist nur in der normalen Histologie Anwendung und hat für den mikroskopirenden Praktiker eine viel geringere Bedeutung als die Tinction durch eigentliche Farbstoffe. Kehren wir zur Geisselfärbung durch Metallimprägnition zurück. Ermengem verwendet Silbersalpeter, also als Fällungsmetall, welches niedergeschlagen wird, Silber. Das sorgfältig gereinigte Deckglas mit dem aufgestrichenen Tropfen der die Mikroben enthaltenden Flüssigkeit wird dreimal durch die Flamme gezogen. Man bereitet sich vorher eine Tanninlösung von 100 *gr* Aq. dest., in welcher 20 *gr* Tannin in der Hitze gelöst werden, worauf man nach Abkühlenlassen filtrirt. Von dieser Lösung werden 100 *ccm* mit 2 Theilen Acid. acet. glaciale (Eisessig) versetzt und 1 Theil 2%ige Osmiumsäurelösung hinzugefügt. Einen Tropfen dieser Mischung lässt man 30 Minuten in der Kälte oder fünf Minuten bei 50 bis 60° C. auf dem Präparate stehen. Nach sorgfältigem Abspülen in Wasser oder Alkohol wird das Präparat in 0·5- bis 0·25%ige Lösung von Silbersalpeter einige Secunden eingetaucht und ohne abzuspülen in folgende Mischung gebracht:

Acid. gallic.	5·0
Acid. tannic.	3·0
Kali acet. fus.	10·0
Aq. destill.	350·0

Nach einigen Secunden kommt unter fortwährender Bewegung der Flüssigkeit das Präparat in die obige Silberlösung zurück, bis diese sich zu schwärzen beginnt. Dann spült man mit sehr viel Wasser ab, trocknet zwischen Filtrirpapier. Die Geisseln erscheinen dunkelbraun, fast schwarz.

In Dr. v. Langenbeck's „Archiv für klinische Chirurgie", Band 59, Berlin 1899, Verlag von August Hirschwald, findet sich auf Seite 129 eine Kritik der bisherigen Methoden der Geisselfärbung. Auch der Lector für wissenschaftliche Photographie an der Wiener Universität, Herr Dr. Hinterberger, prakticirt eine treffliche Methode der Geisselfärbung. Doch hätte es keinen Zweck, in diesem Leitfaden alle diese Methoden, z. B. jene von Koch oder von Künstler zu beschreiben.

Auch die Metallimprägnitionen stellen sich als chemische Reactionen dar, doch werden sie besser bei den Tinctionen eingereiht. Nunmehr gehen wir zu den eigentlichen chemischen Reactionen unter dem Mikroskope über.

Die chemischen Hilfsmittel des Mikroskopikers und die Anwendung des Mikroskopes bei chemischen Untersuchungen.

Wir haben schon oben den Unterschied zwischen Tinctionen und chemischen Reactionen im engeren Sinne auseinandergesetzt und die Tinctionen, welche eine specielle Art der mikroskopischen Technik bilden, ausführlich behandelt.

Für jene Kreise, welchen dieser Leitfaden bestimmt ist, wird es nicht nothwendig sein, die chemischen Reactionen des Langen und Breiten zu erörtern, denn diese Kreise sind vermöge ihres Berufes mit denjenigen, die ihr Fach erfordert, meistens hinlänglich vertraut, und wir werden uns hier auf die sogenannten morphologischen und histochemischen Reactionen

[1]) Vergl. Golgi's classisches Werk „Untersuchungen über den feineren Bau des centralen und peripherischen Nervensystems". Deutsche Uebers. von R. Teuscher in Jena.

und auf die Besprechung der Art und Weise der Application der chemischen Reagentien und Anwendung der Elektrolyse unter dem Mikroskope beschränken können.

Die morphologischen Reactionen bilden ebenso wie die Tinctionen eine specielle Art mikroskopischer Untersuchung, oder vielmehr die Tinctionen sind eigentlich eine Art der morphologischen chemischen Reactionen. Die morphologischen Reactionen haben den Zweck, durch Application verschiedener Reagentien auf das Object die Gestaltungsverhältnisse desselben deutlicher hervortreten zu lassen, wie dies auch bei den Tinctionen der Fall war. Ein Beispiel wird uns dies klar zeigen. Handelt es sich z. B. um Nachweis von Zellkernen in Geweben ohne Anwendung der Färbung, so braucht man blos einen dünnen Schnitt dieses Gewebes auf einen Objectträger zu legen, einen Tropfen Aq. dest. auf das Object zu appliciren, dann mit einem (möglichst grossen!) Deckgläschen zu bedecken und an die Seite dieses Deckgläschens einen Tropfen Acid. acet. glac. zu bringen (mittelst Glasstäbchens). Sieht man nun den Schnitt durch das Mikroskop bei etwa 300- bis 400maliger Vergrösserung an, so wird man bemerken, wie mit der fortschreitenden Diosmose zwischen Wasser und Essigsäure der plasmatische Theil des Gewebes sich aufhellt, ja förmlich auflöst und die Gestalt der Zellkerne, namentlich bei Abblendung mit enger Blende, scharf und deutlich (ohne Färbung) hervortritt. Hier hat eben die Essigsäure als morphologisches („gestalthervorhebendes") Mittel gewirkt. Aehnlich wirkt die Essigsäure „aufhellend" auf alles Bindegewebe und hebt die in demselben eingelagerten Nerven, elastischen Fasern etc. scharf hervor, da diese letzteren ihr Widerstand leisten. Ein anderes Beispiel eines morphologischen Reagens ist die Schwefelsäure. Will man z. B. den Aufbau des thierischen Haares aus dachziegelförmig an- und übereinander gelagerten epidermoidalen Zellen nachweisen, so bedeckt man ein Stückchen Menschenhaar, nachdem man einen Tropfen einer auf das Dreifache ihres Volumens mit Wasser verdünnten englischen Schwefelsäure darauf gebracht hat, mit einem grossen Deckglase und untersucht nach einigen Minuten mit 200- bis 300maliger Vergrösserung, worauf man die Abblätterung der vorgenannten Zellen deutlich wahrnehmen wird. Aehnlich wirkt Kalilauge von 4·6% (Moleschott), wenn man das Haar in derselben im Kühlen 40 Stunden liegen lässt und dann mikroskopisch betrachtet. Kalilauge (oder auch Natronlauge) wirkt auch auf Pflanzentheile durch chemische (morphologische) Reaction aufhellend und wird auch zum Entfernen von fettigen oder musculösen Theilen in der Mikroskopie oft gebraucht. (Kocht man ein Insect, z. B. einen Floh, in concentrirter Natron- oder Kalilauge, so lösen sich die Weichtheile, und nur das Chitingerüst bleibt zurück.) Wir werden auf diese und andere Behelfe noch zu sprechen kommen. Sie wirken meist aufhellend, klärend, die Gestaltung der Objecte besser hervorhebend. Man sagt daher: Essigsäure, Schwefelsäure und Lauge sind morphologische Reagentien. Dass sie auch analytische sind, ist bekannt. Analytisch werden dieselben unter dem Mikroskope gerade so verwendet wie sonst in der Chemie, und es ist unrichtig, wenn man aus der Anwendung analytischer Reagentien unter dem Mikroskope eine eigene Wissenschaft, die sogenannte „Mikrochemie", constituiren zu können und mit derselben mehr zu erreichen glaubt als mit der Chemie im Allgemeinen.

Hierüber sagt Rochleder, welchen Hofrath Edler v. Vogl in seinem trefflichen Commentar zur Ed. VII der Pharm. Austr., II. Bd., Allgem. Theil, Seite 534, citirt, sehr richtig: „Kein Mensch glaubt, dass man einfachere Methoden bei einer chemischen Analyse in Anwendung bringen und sich mancher Reagentien entschlagen könne, wenn man Brillen dazu aufsetzt. Das Mikroskop ist aber eben nichts als eine Brille, die uns gestattet, Dinge wahrzunehmen, die wir mit freiem Auge wegen ihrer Kleinheit nicht sehen

können; es erspart uns keine chemische Operation und kein chemisches Reagens, so wenig als eine Brille einem kurzsichtigen oder weitsichtigen Chemiker derlei zu ersparen im Stande ist."

Dagegen ist es gewiss richtig, dass die Mikrochemie eine besondere Technik der chemischen Untersuchung darstellt und gestattet, mit sehr geringen Substanzmengen zu operiren, in Folge des schnellen Verlaufes der Reactionen bei so minimalen Mengen rasch zu arbeiten und wegen des Entfallens voluminöser Gefässe etc. auch auf kleinerem Raume (oft auf dem Objectträger) zu experimentiren. So hat Prof. Emich Seidenfäden (Coconfäden) mit Lackmustinctur gefärbt und damit einen für die mikrochemische Analyse derart brauchbaren Indicator „Lackmusseide" gefunden, dass damit unter dem Mikroskope Bruchtheile eines Millionstel Gramms Säure, respective Alkali erkannt werden können! Durch die vergrössernde Kraft des Mikroskopes gewinnt auch das Erkennen von Krystallen und Niederschlägen an Sicherheit.

Wenn also die Mikrochemie[1]) eigentlich ein Zweig der chemisch-analytischen Technik ist, so kann sie auch in dem beschränkten Rahmen dieses Leitfadens wenig Raum finden, ebensowenig wie die sogenannte technische Mikroskopie.[2]) Nur Beispiele können herausgegriffen werden, Beispiele aus der Untersuchung organisirter und nicht organisirter Naturkörper.

Wir haben z. B. in einem Gewebe Einlagerungen bemerkt, deren Zusammensetzung wir nicht kennen. Um sie deutlicher zu machen, fügen wir Essigsäure hinzu, und siehe da, statt besser hervorzutreten, verschwinden dieselben ganz, und es treten zahlreiche Luftblasen auf. Was ist geschehen? Die Essigsäure hat ein Gas freigemacht, und wir können mit Recht schliessen, jene Einlagerungen haben aus kohlensaurem Kalk bestanden. Die wichtigste derlei Anwendung findet die Salzsäure zur Entkalkung von Geweben, welche kohlensauren Kalk enthalten, z. B. Knochen, Zähne u. dergl., und wirkt hier, indem sie dadurch auch die Gestalt der organischen Bestandtheile aufklärt, gleichzeitig als morphologisches, von uns bereits oben bei Besprechung der Schnittmethoden erwähntes Reagens. Die meisten Reagentien haben diese Doppelstellung als analytische und morphologische; eine Auswahl derselben hat besonders häufige Anwendung unter den Mikroskopikern gefunden, weshalb man sie mit Vorliebe als mikrochemische Reagentien κατ' ἐξοχήν bezeichnet, und man hat ihnen auch alle zur Härtung (vergl. oben: „Die Schnittmethoden") und weiteren Präparation, ja sogar zur Tinction gebräuchlichen Mittel chemischer Provenienz angefügt, so dass deren Anzahl durch die täglichen neuen „Entdeckungen" immerwährend anwächst und auf den Anfänger, sei er auch chemisch gebildet, nur verwirrend wirken kann. Ein Preiscourant einer grösseren einschlägigen Firma, wie z. B. Rud. Siebert in Wien, weist dies

---

[1]) Ein vortreffliches Buch für mikrochemische Arbeiten im eigentlichen Sinne ist H. Behrens' „Anleitung zur mikrochemischen Analyse", zweite vermehrte und verbesserte Auflage, Hamburg und Leipzig, Verlag von Leopold Voss, 1899. Ein älteres Büchlein ist Dr. K. Haushofer's „Mikroskopische Reactionen. „Eine Anleitung zur Erkennung verschiedener Elemente und Verbindungen unter dem Mikroskop". Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1885. Dr. Rinne's „Das Mikroskop im chemischen Laboratorium", auf welches Buch wir später zurückkommen werden, ist hingegen keine Anleitung zu mikrochemischen Untersuchungen, sondern zur Handhabung des Polarisationsmikroskopes im chemischen Laboratorium (zur optischen Analyse).

[2]) Ein ganz neues, die modernsten Fortschritte der Technik berücksichtigendes Handbuch dieses Zweiges der Anwendung des Mikroskopes ist Dr. Th. F. Hanausek's „Lehrbuch der technischen Mikroskopie". Stuttgart, Verlag von Ferdinand Enke, 1900. Man findet darin den ganzen Stoff der technischen Waarenkunde, d. h. die Mikroskopie der wichtigsten Typen technischer Rohstoffe, wie z. B. Stärke. Daran schliessen sich die Darstellungen der mikroskopischen Untersuchung der Faserstoffe, z. B. Baumwolle, Flachs etc., hierauf folgt die mikroskopische Untersuchung des Papieres, dann wird das Holz behandelt u. s. w. Ein älteres Büchlein ist die zuerst 1867 erschienene „Einführung in die technische Mikroskopie" von Dr. Julius Wiesner, welches noch heute sozusagen classischen Werth hat.

nach. Wir sehen daher von einer solchen erschöpfenden Aufzählung hier ab und verweisen diesfalls auf die specielle Fachliteratur. So z. B. kann der Pharmaceut im Allgem. Theil des II. Bandes von Aug. Vogl's Commentar zur Ed. VII der österreichischen Pharmacopoe, Seite 534 eine Synopsis der in der Pharmacognosie bewährten mikrochemischen Reagentien (welche mit den in der Botanik üblichen ident sind) finden und es wäre anmassend, hier etwas beifügen zu wollen. Die Anzahl und Auswahl derselben richtet sich hauptsächlich nach dem speciellen Fach, welches der mikroskopirende Praktiker vor Augen hat. So empfiehlt Dr. A. F. W. Schimper in seiner Anleitung zur Untersuchung der vegetabilischen Nahrungs- und Genussmittel, 2. Aufl., Jena, bei Gustav Fischer, 1900, folgende Zusammenstellung von Reagentien: Aether sulf., Alcohol. absol., Alkannatinct. (alkoholische, roth und blau), Ammoniakwasser (Salmiakgeist), Anilin sulf., Anilinblau, Bromkalium, Chloralhydratlösung ($60^{0}/_{0}$), Chloroform, Chlorzinkjod, Cochenilletinctur, Eisenchloridlösung (alkohol.), Eisenessig (Tinct. ferri acetic.), Eisessig (Acid. acet. glac.), Glycerin, Goldchlorid, Jod-Jodkalium (5 *cgr* Jod + 20 *cgr* Jodkalium + 15 *gr* Aq. dest.), Kalilauge conc., Kaliumchromat, Millon's Reagens,[1] Nelkenöl, Orcin ($4^{0}/_{0}$ige Lösung), Phloroglucin (wässerige, salzsaure Lösung), Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure (chemisch rein). Alle diese Reagentien kann man durch Siebert oder Hermann Dümmler in Wien, Kreidl in Prag, Dr. Grübler in Leipzig u. a. m. Handlungen chemischer und mikroskopischer Reagentien beziehen. Vor einiger Zeit gab van Bastelaer folgende Reagentien für mikrochemische Arbeiten an: Ammoniak von $0{\cdot}5^{0}/_{0}$ (wirkt wie Aetzkalilösung und dient zum Nachweis von Kupfer, Anilin, eine Lösung von 1 Theil in 10 Theilen Acid. acet. (verleiht allen Stein- und Holzzellen eine schöne goldgelbe Farbe, dient daher vorzüglich zur Erkennung von beigemischten Pulvern der Nüsse und sonstiger Kernfrüchte). Chloralhydrat, 5 Theile in 3 Theilen Aq. dest. gelöst (klärt alle Präparate auf und gestattet Zusätze von Mehl, Stärke, Sago etc., sowie solche von mineralischen Substanzen und Pulvern von Steinzellen im Pfeffer, Cichorie, Kaffee leichter zu constatiren). Campechetinctur (bereitet im Verhältniss 1 : 1·5 Methylalkohol) 4 Theile und 1 Theil Natrium chloratum wird benützt, um Alaun und Kupfervitriol im Mehl, Brot u. s. w. nachzuweisen. Eosin (1 Theil, Liq. Ammon. 10 Theile) färbt besonders Hefezellen und Bacillen. Eisenchlorid (1 : 5 Aq. dest.) schwärzt Eicheln und geröstete Leguminosen, während Dattelkerne und Mannigettakörner grün werden. Essigsäure (1 : 2 Aq. dest.) färbt Samen von Melampyrum, welche dem Mehl beigemischt sind, violett. Fuchsin (1 Theil in 100 Theilen Alkohol) gelöst, färbt besonders die wenig Amylum haltenden Zellen des Pfeffers lebhaft roth. Hämatoxylin wirkt wie Campechetinctur. Jod-Jodkalium dient zur leichten Unterscheidung und Erkennung der sogenannten Satzmehle, weil es dieselben bläut und damit eine Differenzirung der einzelnen Körner nach Form und Grösse ermöglicht. Kaliumhydrat (1 in 100 Aq. dest.) färbt die dem Cayennepfeffer und dem Senf etwa beigemischte Curcuma roth und quellt bestimmte Stärkemehlkörner auf, welche sich hiedurch von weniger empfindlichen unterscheiden lassen. Kaliumferrocyanid (1 : 100 Aq. dest.) weist im Mehl, Brot und dergl. das Kupfersulfat nach. Methylviolettlösung in Wasser (1 : 100). Havarirte Körnerfrüchte rden damit besonders leicht tingirt. Schwefelsäure (1 Theil mit 20 Aq. dest. ischt) färbt Secale cornutum (Mutterkornsubstanz) blutroth und verräth Anwesenheit von Carbonaten aller Art, besonders jene der Kreide.

Nach dieser Synopsis, welche dem „Journ. de Pharmacie et de Chimie" tnommen ist, bemerken wir, dass der Thierhistologe in dem bekannten

---

[1] Dient zur Erkennung von Eiweisstoffen und besteht aus einer Auflösung von Quecksilber in rauchender Salpetersäure (gleiche Gewichtstheile!), die mit dem gleichen Volum (der Lösung) Aqu. dest. versetzt wird.

Werke von Dr. Heinrich Frey: „Das Mikroskop und die mikroskopische Technik“, Leipzig, Engelmann's Verlag, und in anderen einschlägigen Werken, die speciell zur Untersuchung thierischer Gewebe dienlichen chemischen Reagentien aufgezählt und trefflich besprochen finden wird.

Die gewöhnliche Aufbewahrung und Application mikrochemischer Reagentien zu schildern, liegt im Rahmen dieses Leitfadens. Die erstere geschieht entweder in Lambert'schen Tropfgläsern, in Stift- und Pipettenfläschchen, wie solche bereits bei den Färbeflüssigkeiten erwähnt wurden (Fig. 197, 198 und 199), oder in gewöhnlichen Reagentienflaschen mit eingeschliffenem Glasstöpsel, welcher ebenso wie der Flaschenhals horizontal abgeschliffen sein soll, um eine leichte Beseitigung des begreiflicherweise bei mikrochemischen Arbeiten besonders störenden Staubes zuzulassen. Nur Kali- und Natronlauge lässt sich so nicht aufbewahren. Schliesst nämlich der Glasstöpsel gut, so verkittet er sich bei Aetzkali- und Aetznatronlösungen dergestalt mit dem Flaschenhalse, dass es nicht möglich ist, die Flasche zu öffnen. Weiters nimmt bei lockerem Einsetzen des Stöpsels die Lauge Kohlensäure aus der Luft auf und wird schwächer. Dagegen hilft auch das Bestreichen der Verschlusstelle mit geschmolzenem Paraffin, welche Massregel einige Mikroskopiker empfohlen haben, nicht viel. Wilh. Behrens gibt in seinem „Leitfaden der botanischen Mikroskopie“, Braunschweig, bei Harald Bruhn, 1890, eine bewährte Vorrichtung zur Aufbewahrung concentrirter Laugen für mikrochemische Zwecke an. Fig. 200 zeigt diesen kleinen Apparat in beiläufig ein Drittel natürlicher Grösse. F ist eine weithalsige Flasche, die mit einem Kautschukpfropfen K, welcher zwei Durchbohrungen besitzt, gut verschlossen ist. Durch die eine Bohrung reicht das heberartig gekrümmte dünne Glasröhrchen g bis auf den Boden der Flasche F; seine obere, fein ausgezogene Oeffnung o kann mit einem Stückchen Kautschukschlauch, in welchem an einem Ende ein Stückchen eines einerseits zugeschmolzenen Glasröhrchens gleichen Kalibers wie g steckt, während das andere offene Ende über g bei o geschoben wird, hermetisch verschlossen werden, falls man nicht mit dem Apparate arbeitet. Durch die andere Bohrung geht der untere dünne Theil der an einer Stelle kugelförmig erweiterten Röhre R. Oben ist die Röhre R mit einem Kautschukpfropfen K_1 versehen, welcher in der Mitte durchbohrt ist und in der Bohrung die beiderseits offene dünne Glasröhre r trägt. In R kommt in die kugelförmige Erweiterung ein kleiner Bausch von hydrophiler Watte oder noch besser von Glaswolle und darüber kommen Stückchen einer Kohlensäure entziehenden Substanz, welche nach W. Behrens wie folgt zubereitet wird: Gleiche Theile Aetzkalk und krystallisirtes Glaubersalz werden in einer Reibschale gut mit einander verrieben und dann, nachdem man die Mischung eine Zeit lang sich selbst überlassen hat, in einer Blechschale über einer Bunsen- oder Spiritusflamme scharf getrocknet. Will man einen Tropfen Kalilauge z. B. auf ein Object auftropfen, so entfernt man die hier nicht abgebildete, aus dem Kaut schlauch und dem einerseits zugeschmolzenen Glasrohrstückchen bes Kappe von o und steckt selbe auf r auf. Dann fasst man F mit der ganz an, bis sich die Luft über F ausdehnt (in Folge der Handwärm


Fig. 197.


Fig. 198.

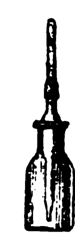

Fig. 199.



Fig. 200.

Kalilauge tropfenweise bei *o* auf das Object entweichen lässt, respective heraustreibt. Die erwähnte, Kohlensäure absorbirende Substanz in *R* verhindert die Umbildung der Aetzlauge zu einer kohlensäurehältigen Flüssigkeit.

Die Application erfolgt entweder unter dem Mikroskope während der Beobachtung, wobei der Tisch des Mikroskopes, falls er nicht ohnedies aus Hartgummi besteht, mittelst einer der Form und Grösse des Tisches angepassten Glasplatte zu schützen ist, oder ausserhalb des Mikroskopes. Die letztere Applicationsweise bedarf keiner weiteren Erörterung; Uhrgläschen, Eprouvetten, Tuschschälchen, grosse Glasplatten können ihr dienen; wohl aber die erstere.

Das Mikroskop ist nämlich ein gar heikles und kostbares Instrument, und Säuredämpfe etc. greifen mit der Zeit nicht nur die Metalltheile, sondern auch die Linsen und Spiegel des Instrumentes an. Was immer man also ausserhalb des Instrumentes vornehmen kann, nehme man ja nicht auf dem Instrumente vor. Muss man aber unter der Frontlinse eine chemische Reaction vornehmen, so thue man es nicht ohne Cautelen. Am besten ist es, wenn es sich darum handelt, die Einwirkung chemischer Agentien auf ein unter dem Mikroskope befindliches Object zu beobachten, ein recht grosses Deckglas zu verwenden, eventuell, wenn diese Einwirkung langsam erfolgen soll, sich folgenden Kunstgriffes zu bedienen. Auf den Objectträger kommt das zu behandelnde Object in eine neutrale Flüssigkeit, z. B. destillirtes Wasser; darauf kommt ein ausgezupfter Baumwoll- oder Leinwandfaden,[1] der den Rand des Objectes berührt, oder noch besser ein hohler Glasfaden, den man sich durch Ausziehen eines Glasröhrchens in der Spiritus- oder Bunsenflamme leicht herstellen kann, mit einem Ende aufgelegt; das andere Ende des Baumwoll-, Leinwand- oder Glasfadens kommt auf die rechts liegende Hälfte des Objectträgers, und nun wird mit einem grossen, mindestens[2] 18 *mm* im Durchmesser haltenden Deckglase bedeckt.

---

[1]) Ein zertheilter, aus dem Dochte einer Spirituslampe herausgezogener Faden wirkt rascher.

[2]) Zum Schutze der Objectivlinsen nimmt man bei mikrochemischen Versuchen möglichst grosse Deckgläschen; freilich wirken dann bei Säuren die von den Rändern des Deckgläschens aufsteigenden Dämpfe noch immer schädlich genug auf die Frontlinse des Objectives und die Fassung derselben ein. Man schützt die schwachen und mittelstarken Objective durch Ueberschieben eines sogenannten Stiefels, d. h. einer einerseits offenen, andererseits dicht mit einem Deckgläschen verschlossenen kurzen, auf die unterste Fassung des Objectives aufschraubbaren Hartgummiröhre, welche auf Wunsch jedes bessere optisch-mechanische Atelier anfertigen und auf das betreffende Objectiv oder mehrere Objective, die man dazu bestimmt, aufpassen kann. Zur Noth hilft ein mittelst eines Wachsringes, der um die Fassung der Frontlinse des Objectives gelegt wird, dicht an die genannte Linse angeheftetes dünnes Deckgläschen von runder Form. Auch der „Stiefel" muss derart gemacht sein, dass das Schutzglas dicht über die Frontlinse zu stehen kommt. Dann kann man sogar das mit dem „Stiefel" armirte Objectiv ohne bedeutende Beeinträchtigung der Bildgüte, ohne ein Deckglas zu benützen, in den auf dem Objectträger befindlichen Reagenstropfen bringen. Früher benützte man zu chemischen Versuchen das sogenannte invertirte Mikroskop (Mikroscopium inversum), welches Chevalier in Paris erfand und Nachet in Paris nach den Angaben Lawrence Smith's verbesserte. Bei diesem kam das Objectiv unter den Objecttisch, indem ein von Smith angegebenes besonderes Prisma die vom Objectiv kommenden Strahlen in ein schiefliegendes, eine bequeme Kopfhaltung gestattendes Ocularrehr (Tubus) lenkte. Ein über dem Objecttische befindlicher, allseitig beweglicher Spiegel nebst einem an einem Arme über der Tischöffnung befindlichen Diaphragmenträger gestatteten eine vielseitig modificirbare Beleuchtung. Mit einer Spirituslampe, die auf einem eigenen Gestelle ruhte, konnte der Tisch erwärmt werden. Die sich etwa entwickelnden Dämpfe konnten das Objectiv, welches eben unter dem Objectträger sich befand, nicht beschlagen, sondern höchstens den leicht zu reinigenden Beleuchtungsspiegel. Wenn trotz dieser geistreichen Einrichtung dieses in Harting's oft citirtem Buche „Das Mikroskop" unter dem Namen „umgekehrtes Mikroskop" beschriebene und abgebildete Instrument heutzutage nur selten mehr angewendet zu werden pflegt, so liegt die Ursache darin, dass, wie Prof. Dr. Julius Vogel in Halle a. d. Saale in seinem Werkchen: „Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchung in ihren verschiedenen Anwendungen"

Fig. 201 zeigt die ganze Veranstaltung. *ABCD* ist der Objectträger, *abcd* das Deckglas, *o* das zu behandelnde Object, *f* der Leinen- oder Glasfaden; in *T* wird nun ein Tropfen desjenigen Reagens angebracht, welches man auf das Object *o* einwirken lassen will; in Folge dessen, dass der Faden capillär wirkt, entsteht ein Herüberströmen des chemischen Reagens vom Tropfen *T* zum Object *o*. Auch zum allmäligen Auswaschen von Objecten kann diese Veranstaltung dienen, wenn man an der linken Seite bei *bd* ein Streifchen Filtrirpapier ansetzt, das die Waschflüssigkeit wegsaugt und wenn man den Tropfen *T* stets durch einen neuen Tropfen der Waschflüssigkeit ersetzt. Natürlich muss auch die neutrale Flüssigkeit, in der das Object *o* unter dem Deckglase *abcd* zu liegen kommt, durchaus nicht Wasser sein; sie muss auch nicht immer neutral im wahren Sinne des Wortes sein. Ein Beispiel wird dies erläutern.

Unter das Deckglas *abcd* bringe man als Object ein winziges Knäuelchen (einige Fasern) hydrophile Watte, und zwar in einem Tropfen einer Mischung aus 2 Theilen Jod, 3 Theilen Jodkalium, 70 Theilen Glycerin, 15 Theilen Wasser und 15 Theilen Alkohol (Hager), bringe an das Knäuelchen Watte einen Glasfaden mit dem einen Ende, während das andere Ende an der Stelle *T* des Objectträgers freiliegt, und beobachte mit einer 150 bis 200maligen Vergrösserung. Man wird kaum etwas Anderes wahrnehmen, als etwa eine leicht gelbliche Färbung der Baumwollfasern, aus denen das Knäuelchen Watte besteht. Nun bringe man, während das Watteknäuelchen im Gesichtsfelde des Mikroskopes sich befindet, einen Tropfen Acid. sulf. anglican. an das freie Fadenende *T* und blicke durch das Mikroskop; man wird sehen, dass sich nun die Baumwollfäden blau färben, ähnlich wie Stärke in Jodlösung, dass sie schliesslich aufquellen, ihre Contouren gallertartig verschwimmen und schliesslich ganz verschwinden. Die Baumwollfäden bestehen nämlich aus Cellulose, und wir haben die analytische Reaction auf Cellulose mittelst Jod und Schwefelsäure ausgeführt, welche übrigens durch eine exactere ersetzt worden ist, nämlich durch die Chlorzink-Jod-Reaction.

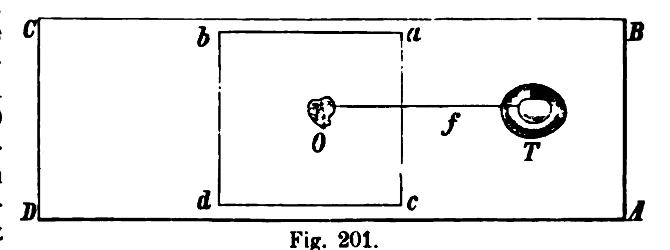


Fig. 201.

(3. Auflage, Berlin 1879, Denicke's Verlag Georg Reinke) auf Seite 66 treffend sagt, man beim umgekehrten Mikroskope bei stärkeren Vergrösserungen wegen der kurzen Brennweite der Objective als Objectträger nur dünne Deckgläschen verwenden kann, die sehr unbequem, zerbrechlich und schwer zu reinigen sind, während man bei schwächeren Vergrösserungen, wo diese Nachtheile wegfallen, auch bei Mikroskopen von gewöhnlicher Einrichtung durch hinreichend grosse und etwas dickere Deckgläschen das Objectiv vor jenen schädlichen Einflüssen schützen kann (vergl. Dippel „Das Mikroskop" im 1. Theile der ersten, 1867 bei Vieweg & Sohn in Braunschweig erschienenen Auflage auf Seite 206 und 207). Zum Schutze des Objecttisches und des Abbé'schen Beleuchtungsapparates, falls ein solcher bei mikrochemischen Versuchen angewendet wird, ist es rathsam, auch wenn der Tisch aus Hartgummi besteht, ihn mit einer circa 1 *mm* dicken Glasplatte zu bedecken, auf die erst der Objectträger kommt. Die obere Linse des Condensors bringt man unmittelbar unter die untere Fläche der Glasplatte und kann, wenn man, was übrigens bei mikrochemischen Versuchen nicht allzu oft vorkommen wird, eine Immersion zum Beobachten verwendet, zwischen die Frontlinse des Condensors und die Glasplatte und zwischen diese und den Objectträger einen Tropfen der Immersionsflüssigkeit bringen, um dem Lichte vom Spiegel bis zum Objecte eine möglichst homogene Bahn zu schaffen und Lichtverluste zu vermeiden. Bei Anwendung von Trockensystemen von kurzer Brennweite nützt dieses Verfahren auch, insoferne diese Objective ebenfalls helle Beleuchtung erfordern.

geschlagene Osmiummetall auf dem Objecte niedergeschlagen wird. Ein rein tinctorielles Reagens auf Fett ist Chinolinblau, auch Cyanin genannt, welches das Fettgewebe tiefblau färbt. Es lassen sich eben bei mikrochemischen Arbeiten, wie schon erwähnt, tinctorielle, morphologische und analytische Reagentien nicht streng auseinanderhalten. So wird Fett, und zwar auch pflanzliches, durch Alkannatinctur (zerkleinerte Radix Alkannae wird mit absol. Alkohol extrahirt und dann filtrirt) lebhaft roth gefärbt. Concentrirte Schwefelsäure wirkt auf Fett gerade entgegengesetzt ein wie Aether und Benzin. Es löst nämlich die concentrirte Schwefelsäure schliesslich alle Gewebe auf und lässt das Fett allein unangegriffen.

An diesem Beispiele sehen wir, wie mannigfache chemische Reagentien es zum Nachweise einer einzigen Substanz, der Fettsubstanz, gibt, und dabei haben wir selbe nicht einmal erschöpfend dargestellt!

Aehnlich zahlreich sind die Reagentien zum Erkennen von Eiweiss (Albumin), beziehungsweise der Proteïnkörper. Millon's Reagens (1 Gewichtstheil Quecksilber, in 1 Gewichtstheil conc. Acid. nitr. gelöst und mit dem gleichen Volumen Aq. dest. versetzt, chemisch als salpetersaures Quecksilberoxiduloxyd anzusprechen) färbt diese Körper roth, besonders wenn man sie darin erhitzt, conc. Schwefelsäure rosenroth, Kupfersulfatlösung nach Zusatz von Aetzkalilauge dunkelviolett, Salpetersäure gelb, Salzsäure nach längerer Einwirkung (mehrere Stunden) schwärzlichviolett u. s. w.

Auch Rohrzucker als Syrupus simplex der Apotheken dient, wenn er auf Schnitte gebracht und Schwefelsäure (Acid. sulf. anglic. 50, Aq. dest. 70) einwirken gelassen wird, durch Erzeugung einer rosa Färbung, falls die Schnitte Eiweisskörper enthalten, als Reagens zur Erkennung dieser Körper.

Rohrzucker und Traubenzucker können nach Dippel am besten mittelst der Trommer'schen Probe erkannt werden. Man bringt zu diesem Behufe den zu untersuchenden dicken Pflanzenschnitt zunächst in eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol (Kupfersulfat, schwefelsaures Kupferoxyd), spült ihn sorgfältig ab und bringt ihn dann in ein Schälchen mit Kalilauge, welche kocht. Ist im Schnitte Traubenzucker vorhanden, entsteht eine prächtig rothe, bei Vorhandensein von Rohrzucker eine schön himmelblaue Färbung des Zelleninhaltes. Als ähnliches Reagens dient die „Fehling-sche Lösung". Sie wird nach der Soxhlet'schen Verbesserung aus zwei Vorrathslösungen zusammengemischt, da sie sich sonst nicht hält. Die Lösung I besteht aus 34·639 *gr* reinstem krystallisirten Kupfersulfat und 500 *ccm* Aq. dest.; die Lösung II aus 173 *gr* krystallisirtem Seignettesalz (Kalium natriumtartarat) nebst 50 *gr* Natriumhydroxyd und 500 *ccm* Wasser. Beide werden in Kappenflaschen mit Glasstöpsel verwahrt und zum Gebrauche gleiche Volumtheile zusammengemischt. Kocht man den Schnitt in dieser Lösung, so bildet sich ein gelber oder rother Niederschlag von Kupferoxydul sofort, falls Traubenzucker zugegen war; bei Rohrzucker muss das Kochen längere Zeit fortgesetzt werden, bevor die Reaction eintritt. Dann wandelt sich nämlich der Rohrzucker durch's Kochen in Traubenzucker um.

Dr. H. Molisch, dem wir ein treffliches Werk: „Grundriss der Histochemie der pflanzlichen Genussmittel" (in Jena bei Gustav Fischer 1891 erschienen) verdanken, hat zwei äusserst empfindliche, die unglaublich geringe Menge von 0·00001 % Zucker anzeigende Reagentien entdeckt, nämlich α-Naphthol und Schwefelsäure und Thymol mit Schwefelsäure. (Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien ex 1886, 93, II, 912). Die 15%ige alkoholische Lösung von α-Naphthol oder Thymol gibt mit Zuckerlösungen jeder Art, wenn Schwefelsäure im Ueberschusse zugesetzt wird, die sogenannte Furfurolfarbenreaction (bei α-Naphthol violett, bei Thymol rubin- oder carminroth). Leider geben nach den Untersuchungen von Seegen,

Mylius und v. Udransky nicht nur Zucker, sondern auch viele Eiweiskörper und die meisten Kohlehydrate die Furfurolfarbreaction.

Deshalb sind die Molisch'schen Proben auch für Untersuchung von Harn auf Zucker, welche dem Praktiker (besonders Arzt und Apotheker) so häufig vorkommt, minder brauchbar. Hier gibt es zur qualitativen Erkennung des Zuckers die Phenylhydrazin-Probe.

Für kleine Zuckermengen ist diese von Jacksch (Zeitschrift für klinische Medicin 1886, Nr. 11, S. 20) zuerst empfohlene Probe recht empfindlich. In einer Eprouvette werden 2 *gr* Phenylhydrazin,[1]) 1·5 *gr* essigsaures Natron und 20 *gr* destillirtes Wasser zusammen erwärmt, dann 50 *gr* Harn oder sonst zu untersuchende Flüssigkeit hinzugefügt. Das Gemisch wird in der Eprouvette in kochendes Wasser gesetzt, nach 20 bis 40 Minuten in ein mit kaltem Wasser gefülltes Becherglas gestellt und nach dem Abkühlen durch ein kleines Filter

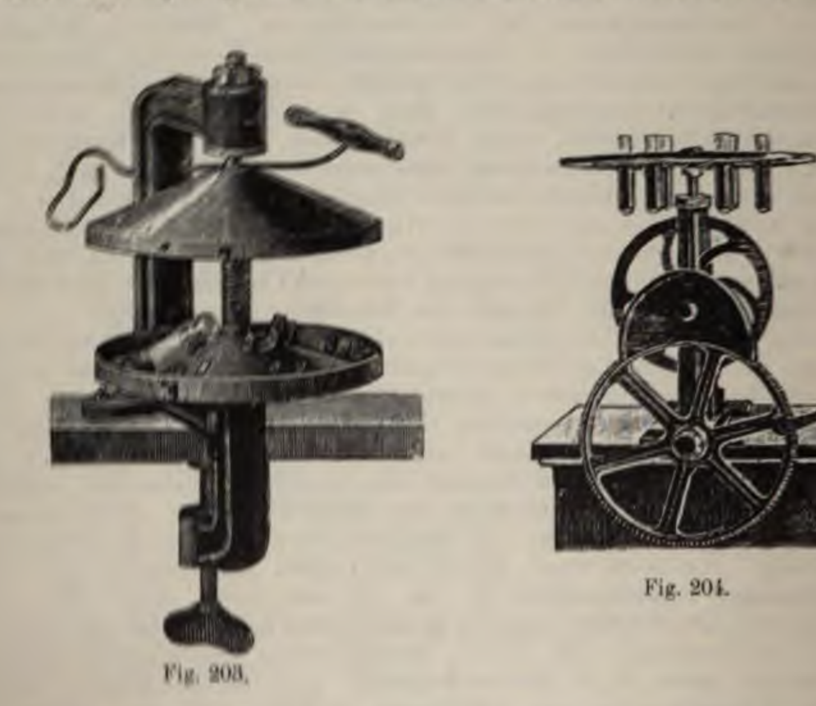


Fig. 203. Fig. 204.

filtrirt. Der am Filter zurückbleibende Niederschlag wird mikroskopisch untersucht. Man findet, falls Zucker vorhanden war, Büschel gelber Krystallnadeln oder auch einzelne Krystalle von Phenylglucosazon, die so auffallend sind, dass man sie nicht verkennen kann.

Oder man versetzt 10 *ccm* Harn, um ihn zu entfärben, mit 1 bis 2 *ccm* Bleiessig und filtrirt. 5 *ccm* des Filtrates werden hierauf mit 5 *ccm* Normalkalilauge und 1 bis 2 Tropfen Phenylhydrazin durch Umschütteln gemischt und bis zum kräftigen Sieden erhitzt. Die Flüssigkeit nimmt bei Gegenwart von Zucker eine citronen- bis orangegelbe Farbe an und wird nach dem Uebersättigen mit Essigsäure durch eine sich sofort bildende fein vertheilte gelbe Fällung bis zur Undurchsichtigkeit getrübt. Dieser fast mikroskopische Niederschlag von Phenylglucosazon ist in Alkohol löslich, etwa mitgefälltes Eiweiss nicht. Die Krystalle schmelzen bei 205° Celsius.

[1]) $C_6 H_5 NH . NH_2$.

Die im Harn selten vorkommende Glycuronsäure, ebenso auch Nucleoalbumine geben mit Phenylhydrazin ganz ähnliche Verbindungen wie Zucker.[1]) Auch andere Zuckerarten, nicht blos Glycose, geben diese Reaction. Bei der Phenylhydrazin-Probe[2]) sehen wir das Mikroskop als Hilfsmittel einer ausserhalb des Mikroskopes vorgenommenen Reaction und wir bemerken, dass der moderne Chemiker des Mikroskopes zur Erkennung winziger Krystalle gar nicht entrathen kann. Oftmals bilden sich gar keine Krystalle, sondern sogenannte Globulite, das heisst mikroskopisch kleine Kügelchen, welche, wenn sie in Längsreihen angeordnet sind, Margarite, und wenn sie ineinander zu länglichen Formen verfliessen, Longulite genannt werden. Ein Beispiel möge von der Entstehung von Globuliten angeführt werden. Wenn eine Lösung von gewöhnlichem Schwefel in Schwefelkohlenstoff mit dem von den Mikroskopikern als Einschlussmittel so häufig gebrauchten Canadabalsam zusammengebracht wird, fällt der Schwefel in Globuliten aus.

Die oben angeführte Phenylhydrazin-Probe führt uns auf die dem Praktiker oft vorkommende mikroskopische Harnuntersuchung überhaupt, welche die Zuhilfenahme mikrochemischer Reactionen erfordert. Zu ihrer Vornahme muss der Harn sedimentirt, d. h. absetzen gelassen werden, eine Manipulation, die der Mikroskopiker oft vornehmen muss, um den Bodensatz von Flüssigkeiten (das Sediment) mikroskopisch zu untersuchen.

Hiezu bedient man sich entweder der hohen alten Champagnergläser oder eigener Reagirkelche (Fig. 202) von hoher, spitzer Form, welche mit und ohne Ausguss und mit und ohne Mensurtheilung in jeder Handlung chemischer Utensilien zu haben sind. Bei sehr wenig zahlreichen oder sehr leichten, in der zu untersuchenden Flüssigkeit schwebenden Objecten wäre jedoch das Sedimentiren durch die Erdschwere zu wenig ausgiebig und zu zeitraubend. In diesem Falle bedient man sich mit Vortheil einer sogenannten Centrifuge, bei welcher nicht die Erdschwere, sondern die Centrifugalkraft das Absetzen der mikroskopisch kleinen, in einer Flüssigkeit suspendirten Körperchen bewirkt. Man hat sehr verschiedenartige Constructionen von Centrifugen angepriesen. Sogar eine solche mit elektrischem Betriebe habe ich bei Leon Pines, Optiker und Mechaniker in Wien, IX. Währingerstrasse 17, eine andere mit Wasserdruck-Antrieb bei Hermann Dümmler, Mechaniker in Wien, IX. Schwarzspanierstrasse 4, gesehen; doch reicht der Handbetrieb für die meisten praktischen Zwecke aus. R. Siebert in Wien, IX. Garnisongasse 9 führt zwei Sorten besonders guter Centrifugen. Die eine von Prof. Gärtner zeigt Fig. 203. Die vier mit der zu untersuchenden Flüssigkeit zu füllenden Eprouvetten liegen schräg auf einer kegelförmigen Metallplatte in halbringförmigen federnden Klammern. Eine zweite Platte deckt und fixirt sie. Ein auf dem Principe des Kreisels basirter Antrieb mit Schnur und Knebel gestattet die beiden schweren kugelförmigen Metallplatten in eine sehr rasche Umdrehung zu versetzen. Die über dem „Sediment" (wenn man das Wort bei der Centrifugirung anwenden darf) stehende Flüssig-



Fig. 202.

[1]) Vergl. Dr. Neumann Wender's „Kurzgefasste Anleitung zur chemisch-mikroskopischen Untersuchung des Harnes", Wien, bei Moriz Perles, 1890, S. 33 und Dr. Adolf Jolles „Ueber positiven Ausfall der Phenylhydrazinprobe bei Abwesenheit von Zucker", Pharm. Post, 1901, S. 120; die Eiweisskörper lassen sich mit Ammonsulfat ausfällen.

[2]) Nicht nur Phenylhydrazin, sondern auch Benzoylchlorür liefert eine ähnliche, zu einer Probe brauchbare Reaction auf Zucker. Macht man eine zuckerverdächtige Flüssigkeit, falls sie es nicht schon ist, durch Soda oder Potasche alkalisch, rührt sie um, filtrirt und behandelt mit Benzoylchlorür, so scheidet sich Penta-Benzoesäure-Glycose aus. (Salkowski in der „Zeitschrift für physiolog. Chemie", Bd. 17, S. 220, citirt in Dr. Dufan's Vortrag „Ueber einheitliche Methoden zum Nachweise und zur Bestimmung des Zuckers im Harne", gehalten in der III. Section des IX. internationalen pharmaceutischen Congresses in Paris 1900, abgedruckt in der „Pharm. Post", Nr. 41, S. 577 des XXXIII. Jahrg.

keit wird abgegossen und das erstere untersucht (Preis circa 40 *K*). Die zweite, allerdings etwas theurere Maschine ist noch solider construirt: Eine runde Scheibe enthält sechs zur Aufnahme der Eprouvetten dienende, an beweglichen Achsen hängende Hülsen, wodurch ein Aufwirbeln des Sedimentes vollständig vermieden wird. Der grosse Durchmesser der Scheibe bedingt eine bedeutende Centrifugalkraft, so dass sich alles überhaupt Sedimentfähige absetzt. Preis circa 90 *K*. (Fig. 204.) Auch Mechaniker Hermann **Dümmler** in Wien liefert gute Centrifugen. Es gibt derlei inländische schon zum Preise von 28 *K*.

Auf die eine oder andere Art (mit und ohne Centrifuge) erhaltene Bodensatzablagerungen von Harn werden durch Einbringen in eine Pipette oder auch in ein circa 3 *mm* im Lichten messendes, an beiden Enden offenes Glasrohr, welches man an seinem oberen Ende mit dem Finger zuhält und mit seinem unteren Ende in den Bodensatz einführt, dann den Finger oben wegthut und ihn gleich wieder auf die obere Oeffnung hält und erst, wenn man mit der unteren Oeffnung über einen Objectträger oder ein Uhrgläschen gekommen ist, loslässt, so dass sich das in die Pipette oder das Glasröhrchen eingedrungene Sediment tropfenweise entleert, der mikroskopischen Untersuchung unterworfen.[1])

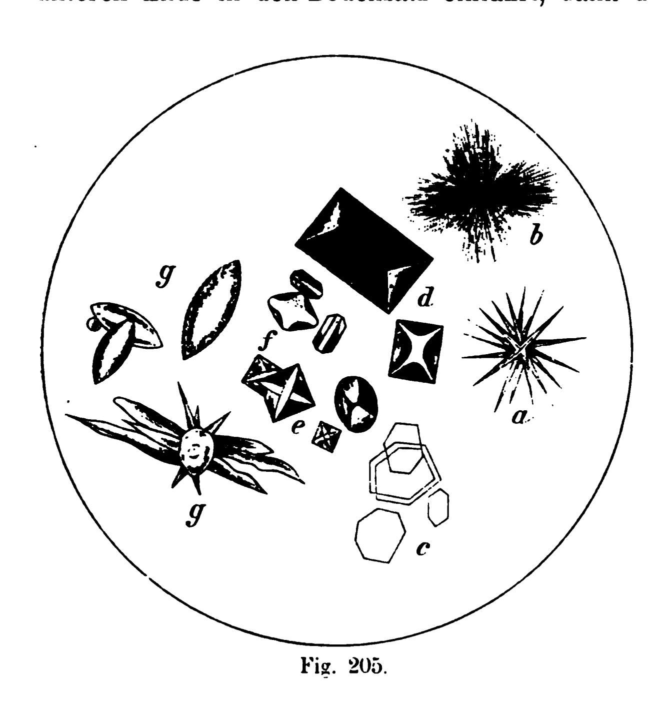


Fig. 205.

Das Gebiet ist zu gross und es stehen zu viele Hilfsbücher dem Praktiker zur Verfügung, als dass es möglich und nothwendig wäre, die Harnuntersuchung (Uroskopie) in diesem Leitfaden auch nur cursorisch, wie wir dies später mit der weit jüngeren Bakterioskopie aus verschiedenen Gründen zu thun gedenken, zu behandeln. Eine prächtige Darstellung findet u. A. die mikroskopische und chemische Harnuntersuchung in v. **Jaksch**' „Klinische Diagnostik innerer Krankheiten mittels bakteriologischer, chemischer und mikroskopischer Untersuchungsmethoden" (Wien und Leipzig, Urban und Schwarzenberg 1889), ferner in Dr. Giulio **Bizzozero**'s „Handbuch der klinischen Mikrospopie", deutsche Ausgabe, Erlangen 1883. Auch das vorcitirte gute, aber leider mangelhaft illustrirte Büchlein von Dr. **Neumann-Wender** in Czernowitz genügt für Apotheker und Chemiker, die das ABC der chemischen Manipulationen hinter sich haben, um sie zu derlei Untersuchungen zu befähigen, wenn anders sie das Mikroskop zu handhaben verstehen. Für Thierärzte findet sich das Nöthige in der „Anleitung zur mikroskopischen und chemischen Diagnostik der Krankheiten der Hausthiere" von O. **Siedamgrotzky** und **Hofmeister** in Dresden, Schönfeld's Verlag, 2. Aufl. 1884, und in Prof. Dr. **Friedberger** und **Fröhner**'s „Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden für Thierärzte", Verlag von Enke in Stuttgart, 1895. Schon

[1]) Auch an ihrer Spitze nach oben gekrümmte Pipetten leisten gute Dienste. Mit ihnen hebt man nicht das Sediment, sondern die über dem Sediment stehende Flüssigkeit ab.

der grosse Harting hat in seinem classischen Werke „Das Mikroskop" noch heute brauchbare Beschreibungen und Abbildungen der krystallinischen und mancher amorpher Harnsedimente und Anleitung zu deren mikrochemischer Untersuchung gegeben. Wir können uns es nicht versagen, hier in einigen Abbildungen einige der allerwichtigsten Krystallformen und sonstiger Gebilde. wie sie sich im Harnsedimente gesunder, beziehungsweise kranker Personen darbieten, zur Anschauung zu bringen.

Die Fig. 205 und 206 sind nach dem vorerwähnten prächtigen Werke von v. Jaksch skizzirt. In Fig. 205 zeigt uns *a* krystallisirte Kalk- und Magnesiaseifen aus dem Harnsedimente einer an puerperaler Sepsis erkrankten Frau; *b* Tyrosinkrystalle; *c* Cystinkrystalle; *d* Tripelphosphatkrystalle (phosphorsaure Ammoniak-Magnesia); *e* Oxalsaurer Kalk; *f* Basisch-phosphorsaure Magnesia; *g* Harnsäure.

In Fig. 206 sind *a* Plattenepithelien aus dem Harnsedimente; *b* Epithelien aus der Harnblase; *c* Nierenepithelien; *d* Cylinder aus harnsauren Salzen (bei Kindern in den ersten Lebenstagen; bei Gichtniere und im Stauungsharne); *e* Epithelialcylinder; *g* Granulirter Cylinder (bei entzündlichen Processen der Niere).



Fig. 206.

Die Dr. Neumann-Wender's vorcitirtem Büchlein entnommenen, allerdings im Cliché mangelhaften Figuren zeigen Folgendes:

Fig. 207 zeigt *a* Harnsäure; *b* saure harnsaure Salze; *c* Cystin; *d* Tyrosin; *e* Leucin. Cystin löst sich in Ammoniakgeist auf, nicht aber in Essigsäure, wodurch es sich von Harnsäure unterscheidet.

Fig. 208 zeigt *a* Phosphorsaure Ammonmagnesia; *b* harnsaures Ammon; *c* Eiter; *d* Calciumoxalat; *e* Krebspartikel.

Fig. 209 zeigt *a* Epithelien der Harnröhre; *b* Amyloidcylinder; *c* Blutcylinder; *d* Epithelialcylinder; *e* Nierenepithelien; *f* granulirte Cylinder; *g* Spermatozoën; *h* geschwänzte Zellen der Schleimhaut des Nierenbeckens.

Fig. 210 zeigt nach Hager Harnstoff mit Chlornatrium verbunden. Harnstoff allein krystallisirt sehr wenig charakteristisch in stabförmigen Gebilden; mit Kochsalz (Chlornatrium) versetzt, scheidet es sich in charakteristischen, kreuzförmigen Krystallformen aus.

Fig. 211 zeigt nach Hager die blos selten im Harnsediment (als rhomboëdrische Prismenkrystalle) erscheinende Hippursäure. Dieselbe ist mikrochemisch daran zu erkennen, dass sie in Salzsäure sich nicht löst, jedoch in Ammoniakgeist löslich ist. Auf die diagnostische Bedeutung der Harnsedimentbefunde einzugehen ist hier leider nicht möglich; der Arzt wird sie jedenfalls meist erst im Zusammenhang mit anderen Symptomen zu würdigen haben.



Fig. 207.



Fig. 208.

Fig. 209.

Die mikrochemische Untersuchung von Blutflecken auf Holz, Metall, Leinwand etc. bildet einen wichtigen Theil der gerichtlichen Anwendung des Mikroskopes. Alte, eingetrocknete Blutflecken werden abgeschabt und das Abgeschabte in Kalilauge von 33% Concentration gebracht,[1]) mit einem Deckglase gedeckt und mikroskopisch bei 500maliger Vergrösserung untersucht. Es gelingt dabei oft noch, die charakteristischen Blutkörperchen zur Anschauung zu bringen. Doch ist diese Methode durchaus nicht genügend sicher, oft zeigen sich keine Blutkörperchen mehr und es war doch ein Blutfleck.

Fig. 212 zeigt nach Hager bei *a* ein rothes Blutkörperchen des Menschen von der Fläche gesehen, *b* dasselbe auf die Kante gestellt. Da ein menschliches Blutkörperchen 7·7 μ im Durchmesser hat, erscheint es in obiger Figur beiläufig 1200mal vergrössert. Diese rothen Blutkörperchen sind beim Menschen und den meisten Säugethieren [2]) kreisrund, bei Vögeln, Amphibien und Fischen oval. Selbst an aufgeweichten Blutkörperchen kann der geübte Mikroskopiker erkennen, ob sie oval oder rund sind, und da Blut vom Lama, Kameel und Dromedar wohl bei hiesigen gerichtlichen Fällen kaum in Frage kommen dürfte, so kann auch bei eingetrocknetem Blute, falls Blutkörperchen gefunden wurden, noch entschieden werden, ob sie vom Menschen und Säugethieren einerseits oder von Vögeln (etwa Schlachten einer Gans oder eines Huhnes) herrühren. Bei eingetrockneten Flecken durch Messungen der aufgeweichten

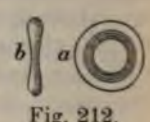
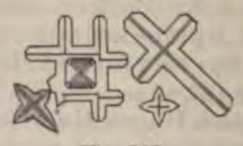


Fig. 212.



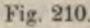


Fig. 210.

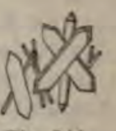


Fig. 211.

[1]) Zum Aufweichen kann auch sogenannte physiologische Kochsalzlösung von 0·5 bis 0·9%, die Harting'sche, aus Aq. destill. 200 und Sublimat 1 bestehende oder die aus Aq. destill. 113, Glycerin 13, Kochsalz 2 und Sublimat 1 bestehende Pacini'sche Flüssigkeit dienen, welche auch Blutkörperchen, ohne selbe, wie Wasser und andere Flüssigkeiten thun, zu deformiren und zu entfärben, aufzubewahren gestattet, jedoch nur bei frischen Flecken; für alte, verstaubte Flecken ist Kalilauge ein besseres Aufweichmittel.

[2]) Beim Kameel, Dromedar und Lama sind sie gross, elliptisch und nicht mit einer „Delle" versehen.

Blutkörperchen bestimmen zu wollen, ob Menschen- oder Säugethierblut (z. B. Schweineblut) vorliegt, ist mit den heutigen Hilfsmitteln unmöglich. Die Unterschiede sind zu minimal. Die folgende Erwägung wird dies zeigen:

Beim Menschen schwankt der Durchmesser der Blutkörperchen

	von	7·4—7·9 μ
beim Hund	„	7·0—7·5 „
„ Schwein	„	6·0—6·5 „
„ Rind	„	5·0—6·0 „
„ Schaf	„	4·0—4·8 „

und ich gebe zu, dass ein im mikrometrischen Messen geübter, mit guten Instrumenten versehener Mikroskopiker *frisches* Schweineblut vom *frischen* Menschenblut gewiss unterscheiden können wird. Wenn es sich aber um eingetrocknet gewesenes und wieder aufgeweichtes Blut handelt, dann erscheint ein Schluss aus der jetzigen Grösse der aufgequollenen, erweichten Blutkörper auf ihre frühere ursprüngliche als ein gewagter, und kein gewissenhafter Praktiker sollte die Verantwortung auf sich nehmen, durch ein leichtfertig abgegebenes Gutachten die Basis für einen eventuellen *Justizmord* zu bieten. In vielen, besonders in populären Werken wird der Irrthum, als ob der moderne Mikroskopiker in der Lage sei, in einem alten Blutflecke Menschenblut von Thierblut schlechthin zu unterscheiden, durch einschlägige Erzählungen aufrecht erhalten. So erzählt Dr. Moriz *Willkomm* in seiner sonst sehr empfehlenswerthen *populären* Darstellung „Die Wunder des Mikroskopes oder die Welt im kleinsten Raume", 4. Aufl., Leipzig, Verlag von Otto Spamer 1878, auf S. 386 Folgendes: „ . . . Gesetzt aber, es wäre ein Mord geschehen und man fände bei der Haussuchung oder sonst einer verdächtigen Person ein blutiges Instrument, einen blutigen Lappen, ein blutiges Kleidungsstück u. s. w., die verdächtige Person behaupte aber, dieses Blut sei Thierblut, und es hätte diese Behauptung auch die Wahrscheinlichkeit insofern für sich, als die betreffende Person das Fleischerhandwerk ausübte oder in dem betreffenden Hause um die Zeit des Mordes ein Thier geschlachtet worden wäre, so würde durch das Mikroskop sofort entschieden werden können, ob das an Messern, Kleidern u. s. w. klebende Blut Thier- oder Menschenblut sei. Durch eine solche mikroskopische Untersuchung sind in England und Nordamerika schon mehrmals die Urheber verübter Morde ermittelt worden, und auf dieselbe Weise kam jener grauenvolle Mord an's Tageslicht, welcher vor einigen Jahren in Berlin an einem Lehrer der französischen Sprache verübt wurde, dessen Leichnam man zerstückelt in einem Sacke in der Spree fand. Nach längeren vergeblichen Bemühungen der Polizei gelang es, zu ermitteln, dass der Ermordete zuletzt in einer berüchtigten Spelunke gewesen sei. Dort entdeckte man an der Wand eingetrocknete Blutflecken, *welche angeblich von Thierblut herrühren sollten. Die mikroskopische Untersuchung ergab aber, dass es Menschenblut sei*, worauf es möglich wurde, unter den Bewohnern und Besuchern jener Winkelkneipe die Mörder ausfindig zu machen."

So kann die Sache nun keineswegs gewesen sein.[1]) Wohl aber kann etwa die durch die mikroskopische Untersuchung ganz gut mögliche Widerlegung der vom Herbergsvater jener Spelunke gemachten Angabe, es sei etwa eine Gans abgestochen worden und das Blut an der Wand rühre von dieser her,

[1]) Zur Zeit des Erscheinens des citirten Werkes konnten nämlich auch gewiss nicht die Unterscheidung verschiedener Blutarten durch die übrigens (siehe folgende Seite) sehr unsichere Darstellung von Hämoglobinkrystallen noch weniger *Magnamini's* oder *Ziemke's* colorimetrisch-spectroskopische Methode zur Blutartenunterscheidung am wenigsten die (an sich kein Mikroskop erfordernden) *Serummethoden* von *Uhlenhut*, v. *Rigler*, Dr. L. *Deutsch* oder *Wassermann-Schütze* gemeint sein.

da das in Kalilauge aufgeweichte Blut des verdächtigen Fleckes vielleicht deutlich runde (nicht ovale) Blutkörperchen unter dem Mikroskope aufwies, zur Fassung eines festen Verdachtes schon im von mir (wie ich weiter unten darlegen werde) sogenannten *präforensischen Verfahren* und in Verfolgung weiterer Verdachtsmomente zur Ueberweisung der Bewohner und Besucher jener Spelunke geführt haben. Meist wird man zunächst zufrieden sein müssen, sagen zu können, ob eine Substanz Blut ist oder nicht, besonders wenn es sich etwa um beretis *ausgewaschene* Blutflecken handelt. Hier wird die Kalilaugenprobe, Aufweichen in Pacinischer Flüssigkeit und dergl. kaum ein positives Resultat geben, und man muss sich hier ganz besonders hüten, die im § 63 dieses Leitfadens eingeschärften Grundsätze ausser Acht zu lassen und etwa Sporen von Schimmelpilzen, Fettkügelchen und dergl. für Blutkörperchen anzusehen.

Die rothen Blutkörperchen enthalten einen Farbstoff, *Haemoglobin* (*Haematokrystallin, Haematoglobulin*). Dieser färbt Wasser, da er von ihm ausgezogen wird, zuerst gelblich und dann roth. Hat man also eingetrocknetes Blut vor sich oder glaubt solches vor sich zu haben, so kann man auf folgende Art versuchen sich zu orientiren: Man bringt auf einen sehr rein geputzten Objectträger in die Mitte einen Tropfen Aqu. dest. und in diesen Tropfen etwas von der blutverdächtigen Substanz. Nach einigen Stunden wird, falls Blut vorhanden war, der Tropfen sich gelb bis roth gefärbt haben. Es erscheint der Tropfen grünlich, wenn er im *auffallenden* Lichte betrachtet wird, gelbroth, wenn man das Licht *durchfallen* lässt. Diese Erscheinung zeigen manche Flüssigkeiten und auch feste Körper, namentlich Mineralien, sie ist der Fluorescenz nahe verwandt und wird *Dichroismus* genannt. Natürlich wird der Dichroismus bei geringen Mengen Blutlösung weniger gut zu beobachten sein als bei dicken Flüssigkeitsschichten. Legt man auf den Tropfen Blutflüssigkeit ein Deckgläschen auf, welches man abwechselnd hebt und wieder fallen lässt, so zeigt Blutlösung einen feinen Schaum (sogenannte *Spumescenz*). Lässt man den Tropfen der vermuthlichen Blutlösung vom Objectträger abfliessen und betrachtet die Stelle, wo der Tropfen war, mit hundertmaliger Vergrösserung, so wird man, falls Blut vorlag, meistens den netzartigen Niederschlag des *Fibrins*, des Blutfaserstoffes, erkennen. Ich sage *meistens*, denn bei sehr alten, verunreinigten oder dem Wetter allzusehr ausgesetzt gewesenen Blutspuren gelingen die vorerwähnten Versuche oftmals nicht, obgleich sie mit aller Sorgfalt angestellt werden.

Sicherer ist die Methode, mittelst mikrochemischer Reaction die braunrothen charakteristischen *Haematinhydrochloridkrystalle* darzustellen, welche *Teichmann* kurz *Haeminkrystalle* benannt hat. Nicht zu verwechseln sind diese Krystalle mit den *Haemoglobinkrystallen*, die z. B. beim Meerschweinchen im Uterus nach der Geburt in Massen gefunden werden und aus menschlichem Blute, welches mit Aqu. dest. verdünnt wurde, auskrystallisiren, und den *Haematoïdinkrystallen*, welche sich in älteren Blutextravasaten finden[1]) und ebenfalls praktisch wohl von keiner grossen Bedeutung sind. Die letzteren enthalten kein Eisen, während Haemoglobin Eisen enthält. Das Haemoglobin besteht aus einem wahrscheinlich mit Globulin identischen Eiweisskörper und dem *eigentlichen* Blutfarbstoff: *Haematin*. *Funke's* Entdeckung, dass das Haemoglobin bei verschiedenen Thieren verschiedene mikroskopische Krystallformen liefert, wenn man einen Tropfen Blut auf ein Objectglas bringt, welches vorher mit Seidenzeug tüchtig blank gerieben wurde,

---

[1]) Auch im Stuhle (Faeces) nach Darmblutungen und bei Darmkatarrhen (v. *Jaksch*) und im Kothe der Säuglinge (*Uffelmann*) finden sich Haematoïdinkrystalle (vergl. Klinische Diagnostik von Prof. Rudolf v. *Jaksch*, Wien, Urban & Schwarzenberg, 1889, S. 196).

und ihn, nachdem man denselben 3 bis 4 Minuten an der Luft stehen gelassen hat, mit einem Tropfen Wasser versetzt, anhaucht, mit einem Deckgläschen bedeckt, an einem hellen Orte der Verdunstung überlässt [1]) (angeblich Prismen beim Menschen, Tetraëder beim Meerschweinchen, hexagonale Tafeln beim Eichhörnchen, Rhomboëder beim Hamster), hat in vielen populärwissenschaftlichen Büchern und Aufsätzen die Auslegung gefunden, dass man nunmehr auch bei criminalistischen Untersuchungen wird Thier- und Menschenblut unterscheiden können; in der Praxis hat es damit aber noch seine guten Wege, da sich Haemoglobinkrystalle aus altem, eingetrocknetem Blute selten darstellen lassen. Ueberdies soll Schweineblut ganz ähnliche Haemoglobinkrystalle ergeben wie Menschenblut. Man ist also in der forensischen Praxis und auch in vielen Fällen des bei der Untersuchung des Erbrochenen, der Stühle und des Harns klinisch nothwendigen Blutnachweises auf die oben erwähnte Teichmann'sche Blutprobe mit dem Mikroskope angewiesen. Obgleich die später zu besprechenden Proben: Ozonprobe mittelst Guajacols und eines verharzten Oeles (Terpentinöl) oder optische Probe mittelst des Spectralapparates ebenfalls brauchbare Resultate liefern, ist die Teichmann'sche Probe für den Mikroskopiker am leichtesten ausführbar. Eisessig hat er ohnehin meist im Vorrath und Kochsalz fehlt in keinem Haushalte; eine Spirituslampe muss jeder Mikroskopiker besitzen und für die Haeminkrystalldarstellung ist sogar die aus dem Cylinder einer Flachbrennerlampe mit Petroleumfüllung ausströmende heisse Luft die geeignetste Wärmequelle. Das Haemoglobin zerlegt sich unter dem Einflusse einer Säure in das Globulin und das Haematin. Knapp vor Eintritt der Siedehitze gerinnt das Globulin, und das Haematin wird frei und geneigt, mit Chlor oder, wie Dr. Casimir Strzyzowski in Lausanne nachgewiesen hat, auch mit den anderen beiden Halogenen (Salzbildnern) Jod und Brom leicht krystallisirbare Verbindungen einzugehen. Trotz der von Dr. Strzyzowski hervorgehobenen und in der durch die Verwaltung der Oesterr. Chemiker-Zeitung in Wien, I. Pestalozzigasse 6 zu beziehenden Arbeit: „Kritische Untersuchungen zur Mikrochemie krystallisirter Haematinverbindungen nebst einem Beitrage zum Blutnachweise", die wir jedem Interessenten empfehlen, und schon früher in dem Aufsatze in Nr. 1 der „Pharmaceutischen Post", ddo. Wien, 3. Jänner 1897, XXX. Jahrgang, S. 2: „Beitrag zur Bildung der Haematinkrystalle" dargelegten Vorzüge der Darstellung der Haeminkrystalle mittelst Jod statt Chlor, welche hauptsächlich in grösserer Schwärze der Farbe der Krystalle, die ihre Sichtbarkeit erhöht, und Fehlen der anderen Salzkrystalle bestehen sollen, wird wohl von fast allen Gerichtschemikern zur Haeminkrystalldarstellung das allenthalben leicht beschaffbare Kochsalz genommen. Um diese Probe mit Kochsalz auszuführen, kratzt man von Holz oder Metall den Blutfleck vorsichtig ab (bei Metall ist achtzugeben, dass nicht Metallsplitter mitgekratzt werden), aus Leinwand, Tuch etc. schneidet man den Blutfleck oder zieht einige blutverdächtige Fäden heraus und weicht im ersten Falle das Geschabsel, im zweiten Falle den befleckten Stoff oder die Textilfaser in etwas lauwarmem Aq. destill. (2 bis 3 *ccm*) ein. Dabei drückt und quetscht man die abgeschabte Masse, respective die Stoffetzen gut durcheinander. Diese Flüssigkeit giesst man aus der kleinen Reib- oder Tuschschale, in der man die Operation des Quetschens und Drückens am zweckmässigsten mittelst eines Glasstabes vornimmt, in ein Uhrgläschen oder Glasschälchen ab, setzt 3 bis 4 Tropfen concentrirtes Acid. acet. glaciale und 1 *cgr*

[1]) Nach weiland Prof. Dr. E. v. Hoffmann's „Lehrbuch der gerichtlichen Medicin", 9. Auflage, Wien bei Urban & Schwarzenberg, 1902 (Bearbeitung von Prof. Kolisko), S. 442 und 443 empfiehlt Misuraca (Virchov's Jahresbericht 1889, I) zu diesem Zwecke das langsame Eintrocknen eines Tropfens der mit einer Spur Kochsalz oder Ammoniak versetzten Blutlösung unter einem Deckglase. Für die Praxis hat jedoch diese unsichere Methode keinen grossen Werth. Gefrorenes und wieder aufgethautes Blut gibt leichter Haemoglobinkrystalle.

Kochsalz zu und lässt nach Umrühren mit einem Glasstabe von demselben Glasstabe einige Tropfen auf einen Objectträger fallen, welchen man, am besten über dem Abzugcylinder einer Petroleumlampe, nur mässig,[1]) gerade bis zum Sieden erwärmt, nach gänzlicher Abdunstung aller Flüssigkeit nach Hinzufügen eines Tropfens Glycerin mit einem sehr kleinen Deckglase bedeckt und nun bei mittlerer Blende mit 400- bis 500maliger Vergrösserung unter dem Mikroskope betrachtet, worauf man die Krystalle in verschiedenen in Fig. 213 dargestellten Formen von gelbbrauner bis dunkelbrauner Farbe wahrnehmen wird. Bei sehr schiefem Lichteinfall leuchten die Krystalle wie Edelsteine. Bei schwächerer Vergrösserung und enger Blende erscheinen die Haeminkrystalle klein, manche wie Mohnkörner geformt und der geringeren Lichtmenge wegen sehr dunkel, wie Fig. 214 (nach Neumann-Wender) zeigt. Die ebenfalls im Gesichtsfeld erscheinenden farblosen Kochsalz- und Natronaceticumkrystalle sind auf den Figuren weggelassen.



Fig. 213.

Nach Strzyzowski (l. c.) kann man noch 0·00005 *gr*, ja bei Anwendung von Jodnatrium (Na J) in Lösung von 1 : 500 (anstatt der Kochsalzkryställchen) sogar noch 0·000025 *gr* flüssiges Blut nachweisen!

Bei Anwesenheit von Eisenrost (Blutflecken auf Waffen etc.) oder Fett versagt oft die Teichmann-sche Probe. Letzteres kann mit Aether u. dergl. aus der blutverdächtigen Substanz leicht ausgewaschen werden, bei ersterem ergeben sich schon mehr Schwierigkeiten, doch soll nach Strzyzowski (l. c.) bei Anwendung von Jod anstatt Chlor, insbesondere wenn man 2 cm^3 Essigsäure mit einem bis zwei Tropfen frischbereiteter Jodwasserstoffsäure [2]) mischt, selbst bei Eisenrost die Probe nicht versagen. Roussin hat auf die Eignung eines Gemenges von 35 Theilen Wasser, 3 Theilen Glycerin und 1 Theil $H_2 SO_4$ (concentrirte Schwefelsäure) zur Aufnahme des Haemoglobins aus Blutflecken und Zersetzung desselben in Haematin und



Fig. 214.

[1]) An den vielfachen Misserfolgen ist meiner Ansicht nach oft das zu starke, bis zum heftigen Sieden gesteigerte Erhitzen über einer Spirituslampe oder Bunsenflamme schuld, wie es von vielen Seiten empfohlen wird, während z. B. der auf die Originalarbeit Teichmann's, welche 1853 in der Zeitschrift für rationelle Medicin über die Haeminkrystalle erschienen ist, sich stützende Prof. Jaksch in der in seiner „Klinischen Diagnostik" auf S. 46 enthaltenen Beschreibung der Teichmann'schen Blutprobe ausdrücklich sagt: „Ein kleines Körnchen des trockenen (eventuell vorher getrockneten), auf Anwesenheit von Blutfarbstoff zu untersuchenden Pulvers oder der pulverisirten Substanz wird auf einen Objectträger gebracht. Dann legt man ein Kochsalzkryställchen dazu, bedeckt das Präparat mit einem Deckgläschen, füllt den Raum zwischen diesem und dem Objectträger mit Eisessig und erwärmt, jedoch so, dass die Flüssigkeit nicht in's Sieden geräth." Diese ursprüngliche Art der Probe wird auch meistens in der forensischen Praxis angewendet, aber die [illegible]itze oft bis zum Sieden getrieben. Nimmt man, was gar nicht nöthig ist, wirklich Essig[illegible]reanhydrid, so greifen beim Sieden die Dämpfe die Augen an. Es genügt übrigens jede [illegible]igsäure, die so concentrirt ist, dass sie am Glasstabe in Tropfenform in die Flamme ge[illegible]n sich entzündet. Zu der im Texte angeführten, von mir practicirten Methode genügt, [illegible] mich wiederholt zu überzeugen Gelegenheit hatte, auch noch schwächere, 90%ige [illegible]ure, wie solche in jeder Apotheke vorräthig ist.

[2]) H J ist sehr leicht zersetzbar; seine Darstellung ist wohl nur in chemischen Labora[illegible] ausführbar und er dürfte auch in Apotheken schwer zu beschaffen sein. Um Jod[illegible]stoffsäure zu erzeugen, füllt man in einen Kochkolben, der auf Eis steht, 15 Theile [illegible]tes Wasser und gibt 1 Theil amorphen Phosphor hinein. Hierauf fügt man nach und [illegible]0 Theile Jod hinzu, nimmt den Kochkolben vom Eise weg, versieht ihn mit einem [illegible] durchbohrten Kork, in dessen einer Bohrung ein Sicherheitstrichter, in die andere [illegible]sentbindungsrohr kommt und stellt ihn in ein Sand- oder Wasserbad, wobei man das

Globulin hingewiesen. Strzyzowski empfiehlt nun, falls die Haeminprobe negativ ausfällt, zu 10 cm^3 Glycerin 2 bis 3 Tropfen englische Schwefelsäure beizumischen, die verdächtige Substanz auf den Objectträger zu bringen und dann ein mit $^1/_4$ bis $^1/_2$ Tropfen gedachter Schwefelsäureglycerinmischung befeuchtetes Deckgläschen mit der nassen Seite auf das Blutobject zu legen und 8 bis 12 Secunden zu kochen, worauf, falls Blut vorliegt, bei sehr starker Vergrösserung (Strzyzowski empfiehlt Immersion) massenhaft an der Peripherie der Substanztheilchen auftretende dunkle Krystallnadeln von Haematinsulfat erschienen.

E. Dannenberg und nach ihm Dr. C. B. Niederstadt in Hamburg [1]) haben vorgeschlagen, bei Gegenwart von Eisenrost den verdächtigen Fleck mit Kalilauge auszuziehen, in ein Porzellanschälchen zu spülen und nach mehrmaligem Decantiren den Rückstand mit Ammoniumsulfid zu versetzen, zu verreiben und zu erwärmen, worauf mit der resultirenden Substanz und Essigsäure sich sogenannte „Haemidin“-Krystalle ergeben sollen, wenn Blut vorliegt. Dannenberg widerrief seine Methoden-Entdeckung, nachdem mein hochverehrter Freund Dr. C. Amthor, Leiter des Laboratoriums der kaiserl. Polizeidirection zu Strassburg, nachgewiesen hatte, dass die vermeintlichen Krystalle von „Haemidin“ aus Schwefel bestanden; die Niederstadt'schen Haemidinkrystalle spukten noch in der Literatur herum, bis ihnen Strzyzowski in der citirten Arbeit den Garaus machte und sie ebenfalls als „Schwefel“ bezeichnete. Mit Recht protestirt Strzyzowski gegen die Leichtfertigkeit, mit welcher derartige „Erfindungen“ auf einem so verantwortungsvollen Gebiete gemacht werden. Man musste nach Dannenberg's und Niederstadt's Vorgang überall Blut finden, auch wo keines war, und Strzyzowski fürchtet, dass vielleicht schon verhängnissvolle Irrthümer aus diesen vorliegenden Publicationen hervorgehen mochten! Hier ist der Platz, den praktischen Mikroskopiker, für welchen dieser Leitfaden ja bestimmt ist, auf die Verantwortlichkeit des Sachverständigen in polizeilichen (präforensischen) und gerichtlichen (forensischen) Fällen aufmerksam zu machen. Der Apotheker, der Arzt, der Thierarzt, der mikroskopirende Chemiker wird vielleicht von Behörden als Sachverständiger berufen werden. Ich habe nun im langjährigen Dienste der Wiener k. k. Polizeidirection einige Erfahrungen darüber gesammelt, wie wichtig die Thätigkeit des Sachverständigen auch schon bei der Nachforschung nach dem Schuldigen ist, selbst ehe noch ein bestimmter Verdacht gegen eine bestimmte Person geltend gemacht werden kann, und diese in Nr. 1 der „Oesterr. Chemiker-Zeitung“ vom Jahre 1899 unter dem Titel: „Ueber die Bedeutung naturwissenschaftlicher, insbesondere chemischer und mikroskopischer Untersuchungen bei präforensischen Erhebungen“ niedergelegt. In diesem Aufsatze ist auch ein Beispiel für eine besonders folgenreiche Blutflecken-Untersuchung angeführt und ich will mir deshalb erlauben, aus dem genannten Aufsatze das Wesentlichste im Folgenden zu reproduciren:

„Wohl die wichtigste Hilfe, welche dem Untersuchungsrichter zur Seite steht, sind die Sachverständigen, welche oft Entscheidungen zu geben haben. Freilich steht dem Untersuchungsrichter, zumal auf dem Lande, häufig nicht der beste Sachverständige zur Verfügung, aber einerseits kann er in wichtigen Fällen stets an die Sachverständigen am Gerichtshofe appelliren und andererseits vergesse er nicht, dass bei geschickter Verwendung auch minderwerthige Sachverständige ganz Gutes leisten werden. Ich möchte fast behaupten, dass es weniger darauf ankommt, wer gefragt wird, sondern darauf,

---

Gasentwicklungsrohr in eine Flasche mit destillirtem Wasser eintaucht. Sodann erhitzt man den Kolben gelinde; es entwickelt sich HJ und wird im Wasser gelöst. Specifisches Gewicht soll mindestens 1·6 sein.

[1]) Die Kritik dieser und der Vorschläge Husson's, Axenfeld's u. A. siehe in Strzyzowski's citirter erstgenannter Arbeit.

sehr oft erst nach gänzlichem Abschlusse derselben, welche ja den Zweck haben, einen auf Grund der zusammengetragenen Indicien oder gar eines Geständnisses, welches der Verdächtigte bei der Polizei unter dem Drucke der ihn belastenden Beweismaterialien ablegt, mit möglichster Beruhigung als Thäter zu bezeichnenden Beschuldigten oder Verdächtigen dem Gerichte namhaft machen oder einliefern zu können, ihre Thätigkeit im vorliegenden Falle beendet und erst dann das Weitere dem Gerichte überlässt. Besonders bei grossen, viel Aufsehen erregenden (clamorosen) Verbrechen kann das Verfahren bei der Polizei, welches wir, da es meist dem gerichtlichen Verfahren vorhergeht, das präforensische nennen wollen, das ganze Beweismaterial erschöpfen, so dass das Verfahren vor dem Untersuchungsrichter oder dem Erkenntniss-, respective Geschworenengerichte nichts als eine Wiederholung des im präforensischen Verfahren Erhobenen darstellt und man kann sagen, dass gerade in den beunruhigendsten, die öffentliche Meinung und das von ihr vertretene Publicum am meisten erregenden Fällen, wie z. B. bei Aufsehen erregenden Morden, die Sicherheitsbehörden der grossen Städte die fieberhaftesten Anstrengungen machen, um im Wege der präforensischen Erhebungen den Thäter so rasch als möglich der vergeltenden, durch die Gerichte repräsentirten Gerechtigkeit zu überliefern.

Nun vermag gerade der im präforensischen Verfahren aufgenommene Sachverständigenbefund — wie der Verfasser dieses in seiner Praxis erfuhr — ganz und gar den Befund der Sachverständigen im gerichtlichen Verfahren überflüssig zu machen, weil er die Polizei auf die richtige Fährte bringt und diese, einmal auf der richtigen Spur, den Verbrecher durch anderweitige Erhebungen überweisen und zum Geständnisse bringen kann. Einer der lehrreichsten Fälle ist in dieser Hinsicht entschieden der Fall Werderits.

Am 4. November 1897 wurde nämlich in der Schwarzlackenau zu Floridsdorf die Leiche eines durch Schläge auf den Kopf ermordeten unbekannten Mannes aufgefunden. Es fehlten Documente und auch Anhaltspunkte, ob ein Raubmord vorliege oder nicht. Alle Recherchen nach dem Thäter blieben erfolglos, da man nicht einmal wusste, wer der Ermordete war, wenn auch dank der zielbewussten Bemühungen der unter der umsichtigen Leitung des damaligen Commissärs Polt arbeitenden Indagationsorgane der Wiener Polizeidirection durch Befragung der Ueberführer entlang der Donau constatirt werden konnte, dass der Ermordete mit einem ähnlich wie er selbst gekleideten Burschen am 3. November 1897 sich an's andere Ufer überführen liess, was ein Ueberführer namens Seltenheim in Klosterneuburg mit aller Bestimmtheit aussagte, ohne aber sagen zu können, woher die beiden Burschen gekommen waren. Dazu kam noch eine Fehlagnoscirung durch einen sicheren Jacob Z., welcher in dem in mehreren Tausenden Exemplaren seitens der Polizeidirection affigirten Porträt des Ermordeten die Züge seines abgängigen Bruders Lorenz Z. erkennen wollte und diese Angabe angesichts der Leiche wiederholte, wodurch der Verdacht sich auf einen mit Lorenz Z. zusammen aus dem Dienste bei einem Floridsdorfer Kaufmann getretenen und damals nicht auffindbaren Mitknecht Anton R. lenkte.

Ehe noch R. gefunden war, erstattete am 12. November 1897 die Taglöhnerin Rosa K. betreffs ihres Bettgehers Johann Werderits beim Polizeicommissariate Döbling die Anzeige, dass dieser seit 4. November 1897 abgängig sei. Der aus Ungarn zugereiste Vater des Abgängigen ergänzte diese Anzeige durch die Angabe, dass er in der ihm vom Commissariate Döbling vorgewiesenen Photographie des Ermordeten, welche in dieser Zeit Jedermann, der bezüglich eines jüngeren Mannes die Abgängigkeitsanzeige bei irgend einem

Commissariate erstattete, vorgezeigt zu werden pflegte, bestimmt nicht seinen abgängigen Sohn Johann W. zu erkennen vermöge! Dagegen erklärte die Rosalia K. und der Cousin des Abgängigen, Josef Werderits, in der Photographie des Ermordeten bestimmt den abgängigen Joh. W. zu erkennen. Man kann sich, da doch bereits eine Fehlagnoscirung angesichts der Leiche erfolgt war, die Schwierigkeit vorstellen, mit der die Wiener Polizei hier zu kämpfen hatte, da zur Zeit, als die Abgängigkeit des Johann Werderits bekannt wurde, der Leichnam des Ermordeten schon beerdigt war, man daher den sich widersprechenden Agnoscirungszeugen nicht mehr den Ermordeten zeigen konnte! Das Commissariat Döbling wies nun die Rosa K. und den Josef Werderits lediglich als Agnoscirungszeugen (dies wolle festgehalten werden) mit Note vom 13. November 1897 an das Commissariat Floridsdorf als Thatorts-Commissariat. (Der Vater des Ermordeten war bereits abgereist.)

Hier erkannte sowohl die Rosa K., als der Cousin Josef W. des abgängigen Johann W. in den ihnen vorgewiesenen Kleidern des Ermordeten mit aller Bestimmtheit jene des seit 3. November 1897 abgängigen Johann W. Der ermordete Johann W. war ein kräftiger Mann, der Agnoscirungszeuge Josef W. war mit Beinfrass in einem Fusse behaftet, also von vorneherein kein Anlass, Verdacht zu hegen, dass er im Stande gewesen wäre, seinen kräftigeren Cousin zu überwältigen. Natürlich wurden Rosa K. und Josef W. ausführlich über die letzten Stunden, die sie mit dem Ermordeten zugebracht, einvernommen und da gab Josef W. zu, am 3. November 1897 den Johann W. in einer Branntweinschänke zurückgelassen und seither nicht mehr gesehen zu haben. Jeder Verdacht, der sich etwa auf Josef W. lenken wollte und welcher in den trefflichen Menschenkennern und erfahrenen Criminalpolizisten, den beiden Räthen Jurka und Jeřabek immer wieder aufstieg, wurde durch einen irrthümlichen Alibibeweis, den die Aussage Rosa K.'s für die muthmassliche Zeit des Mordes bezüglich des Josef W. erbrachte, wieder einigermassen unterdrückt.

Da geschah es, dass, während Josef W. auf dem Commissariate Floridsdorf vernommen wurde, der damalige Commissär Josef Karl, ein besonders pflichteifriger und scharfblickender Beamter, auf dem dunklen Rocke des Josef W. einen verdächtigen braunen Fleck bemerkte. Die Räthe Jurka und Jeřabek liessen sogleich den Verfasser behufs mikroskopischer Untersuchung zum Amte rufen. Polizei-Assistenzarzt Dr. Weihrauch, welcher zur Klarstellung dieses Falles schon bei der ersten Thatbestandsaufnahme überhaupt sehr viel beigetragen hatte, suchte unterdessen den Rock des plötzlich trotz des scheinbaren Alibibeweises zum Verdächtigen gewordenen Josef W. mit einer zehnmal vergrössernden Lupe ab und fand noch viele verdächtige Flecke. Der Verfasser brachte zwei mit Objectiv- und Ocularrevolver versehene Mikroskope (eines von L. Merker, das andere von F. Ebeling in Wien), sowie Kalilauge, Kochsalz und Acid. acet. glaciale in's Amt und nun untersuchten Dr. Weihrauch und Verfasser mit je einem Mikroskope einen Fleck nach dem anderen auf seine Beschaffenheit, während das Verhör mit dem Josef W. weiter fortgesetzt wurde.

Mit Kalilauge behandelt, zeigten einige Flecke Körperchen, welche den Blutkörperchen ähnlich sahen, doch war der Beweis kein untrüglicher. Nun wurden mit entsprechenden Pincetten Fäden aus den verdächtigen Rockstellen entnommen, in einem Tropfen gewöhnlichen, aus der Apotheke geholten Eisessigs auf den Objectträger gebracht, ein Körnchen Kochsalz dazugegeben, mit einem 1 *cm* im Durchmesser haltenden Deckgläschen bedeckt und über dem Lampencylinder einer Petroleumlampe bis zum Blasenwerfen erhitzt, und siehe da, eine 150malige Vergrösserung zeigte sofort die Teichmann'schen

Haeminkrystalle. Nachdem die grösseren Krystalle auf diese Art rasch aufgefunden und in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht worden waren, wurde mit dem Abbé'schen Beleuchtungsapparate bei halbgeöffneter Irisblende und einer 400maligen Vergrösserung nachuntersucht, und nun erschienen die Contouren der mehr farblosen Chlornatrium- und Natr. acet.-Krystalle ausgelöscht und die dunkelbraunen Haeminkrystalle traten deutlich auf lichtem Grunde hervor, so dass sie jedem Laien auffallen mussten.

Wir wussten also, dass wir Blut vor uns hatten![1])

Nun hätte ja der Fall eintreten können, dass der Verdächtigte ruhig erklärt hätte, er habe Nasenbluten gehabt u. dergl., aber „den schuldigen Mann geht's Grausen an", sagt das deutsche Rechtssprichwort. Das Wort „Blut" wollte dem Mörder nicht über die Lippen, er leugnete und gab an, die Flecke seien Ziegelflecke, von seiner Arbeitszeit auf Bauten herrührend. Nun begann man ihn durch ein Kreuzverhör in die Enge zu treiben, man hatte ja das erste Glied in der Kette der Indicienbeweise in der Hand! Der noch leugnende Mörder wurde hierauf in Haft behalten und vom herbeicitirten Ueberführer Seltenheim als jener Mann agnoscirt, der am kritischen Tage sich mit dem Ermordeten von Klosterneuburg in die Schwarzlackenau hinüberschiffen liess. Eine Hausdurchsuchung in der Wohnung des Josef W. ergab weiters Geld in auffälliger Menge und ein blutbeflecktes Hemd, dessen Flecke Josef W. wieder als Ziegelflecke zu bezeichnen versuchte. In der Früh des 14. November 1897 schritt jedoch Josef W. unter dem Drucke der nunmehr vorliegenden Indicien, insbesondere des Vorhaltes, dass auch die Flecken im Hemde von Blut herrühren, zu einem umfassenden Geständnisse, zu welchem ihn die Polizeiräthe Jurka und Jeřabek, sowie Commissär Karl durch logische Vorführung der Beweiskette veranlassten. Er hatte an seinem Cousin einen Raubmord begangen!

Sein Alibibeweis erwies sich als falsch, seine Quartiergeberin, Rosalie K., hatte sich in der Zeit seiner Heimkehr geirrt. Nach dem umfassenden Geständnisse hatte die Blutflecken-Untersuchung im forensischen Verfahren jede Bedeutung verloren, sie hatte aber im präforensischen Verfahren eine sehr wichtige Rolle gespielt. Josef W. wurde wegen Raubmordes zum Tode verurtheilt, jedoch begnadigt.

Dieser Fall zeigt recht deutlich die Bedeutung der Sachverständigen im präforensischen Verfahren, wo es sich um rasche Orientirung über die Richtigkeit einer Spur handelt. Jeder Fall liegt freilich in mikroskopisch-chemischer Hinsicht nicht so einfach.

Oft wird die Behauptung, dass ein Fleck Blut sei, vom Verdächtigen ohneweiters zugegeben werden, dann kann die Frage entstehen, ob nicht aus den Beimengungen (Flimmerepithel, Nasenhaare, Pflasterepithel etc.) auf den Charakter des Blutfleckes (Nasen- oder Menstrualblut etc.) geschlossen

---

[1]) Hier wäre der Ort zu bemerken, dass Prof. E. Ludwig auf S. 320 der II. Auflage (1895) seiner „Medicinischen Chemie" darauf hinweist, dass Janiček und Schöfer darauf aufmerksam gemacht haben, dass einerseits aus den Excrementen von Fliegen, andererseits aus zerdrückten Wanzen leicht Haeminkrystalle dargestellt werden können. Hiezu bemerkt Strzyzowski in seiner zweitgenannten Arbeit, dass er nicht nur aus Wanzen und Fliegen, sondern auch aus zerdrückten Flöhen (Pulex irritans) und zerdrückten Mücken (Culex pipiens) und schliesslich auch aus Excrementen von Stubenfliegen, wenn letztere Gelegenheit gehabt hatten, Blut zu saugen, Haeminkrystalle dargestellt habe. Heinrich Struve hat in seiner in der Zeitschrift für analytische Chemie, Jahrg. 1893, abgedruckten Abhandlung: „Zur gerichtlich-chemischen Untersuchung auf verdächtige Flecken" letztere Beobachtung bestätigt, nämlich dass in den Excrementen von Fliegen Blutfarbstoff nur dann nachweisbar ist, wenn sie sich von Blut genährt haben, sonst aber nicht. Ich bemerke noch, dass wohl Blutfarbstoffe, aber keine Blutkörperchen in dem von Insecten gesogenen Blute zu finden sind.

Substanzen, z. B. Tabakrauch, Chromsäurelösung etc., keine Reaction gibt. Diese verminderte Empfindlichkeit der nicht frisch bereiteten Guajactinctur ist aber für den forensischen Gebrauch nur vortheilhaft. Mikrochemisch führe ich die Probe wie folgt aus: Ein kleines Partikelchen der zu untersuchenden Substanz, z. B. ein Stückchen Leinengewebe oder Geschabsel von Holz, welches verdächtig ist, mit Blut besudelt zu sein, wird in stecknadelkopfgrosser Menge auf einem Objectträger in einem Tropfen Terpentinöl mit zwei Nadeln zerkleinert, respective ausgebreitet. Nunmehr legt man ein Deckglas von circa 18 *mm* im Quadrat auf und betrachtet die Substanz bei schwacher, etwa 50facher Linearvergrösserung ohne Blende, unter Anwendung des vollen Lichtes des ebenen Spiegels, und nur wenn die verdächtige Substanz zu undurchsichtig sein sollte, des Hohlspiegels. (Der Abbé'sche Condensor ist hier ganz entbehrlich.)

Man wird sich dabei auch über die blutverdächtige Substanz oberflächlich orientiren. Bei einem punktgrossen, mit freiem Auge kaum sichtbaren rothbraunen Blutfleck auf feinster Leinwand, den ich mit der Pincette herauszupfte und in der geschilderten Weise unter das Mikroskop brachte, sah ich bei circa 50facher Linearvergrösserung (Ebeling's oder Merker's Objectiv Nr. 2 mit Ocular 3, C. Reichert's Achromatobjectiv Nr. 3, Ocular 1, oder Apochromatobjectiv $1/3''$ und Compens.-Ocular 2, oder C. Zeiss' achromatisches Objectiv a_3 mit Ocular 4 oder Apochromat 16 *mm* Brennweite und Compens.-Ocular Nr. 4 etc. etc.) deutlich die Verschlingung der Fäden des Gewebes, die ihrerseits wieder aus einzelnen Leinenfasern zusammengedreht erschienen und auf den Fäden rothbraune, unregelmässig vertheilte Farbstoffinseln.

Als ich nun an drei Seiten des quadratischen Deckglases je einen Tropfen bereits über ein Jahr in verkorkter 100 *gr* haltender Medicinflasche aufbewahrter Guajactinctur mittelst eines Glasstäbchens ansetzte, so dass sich die dreifache Volummenge durch die Capillarität zwischen Objectträger und Deckglas ergoss und mit dem Terpentinöltropfen mischte, begannen sich das Gewebe, respective die Fäden sofort blau (mit einem ganz leichten Stich in's Grünliche) zu färben, und zwar wurden die rothbraunen Inseln am Rande zunächst dunkelblau. Das Gesichtsfeld blieb schön weiss und nach fünf Minuten sahen die Leinenfäden aus, als ob man sie mit Anilinblau gefärbt haben würde. Dabei schimmerte die rothbraune Farbe des Blutes bei einzelnen Inselchen noch durch. Der grünliche Ton entstand durch die gelbliche, vom Rande her zuströmende Guajactinctur (gelb und blau gibt grün als Mischfarbe).

Bei einem Controlversuch mit alter, beschmutzter Leinwand ohne Blut blieb das Leinengewebe unter dem Mikroskope nach Einwirkung der Guajactinctur graugelb, auch nach vielen Stunden und bei Anblasen mit Cigarettenrauch zeigte das Gewebe keine Blaufärbung und auch die Flüssigkeit blieb hellgelb. Dagegen färbte sich Gewebe, das mit einer blutähnlichen Chromsäurefarbe befleckt, dann ausgewaschen und getrocknet worden war, sofort blau, jedoch viel schneller als beim Versuch mit Blutflecken, und es färbte sich hier nicht blos das Gewebe, sondern das ganze Gesichtsfeld in einer Minute blau. Wenn ich auch zugeben muss, dass es Farbstoffe geben mag, die ebenso allmälig durch die vorräthige Guajactinctur blau gefärbt werden, wie dies bei Blutfarbstoff geschieht, so wird in der Praxis doch auch zu erwägen sein, ob anzunehmen ist, dass im gegebenen Falle eine freie Chromsäure enthaltende Farbe vorliegt. Ohne freie Chromsäure, z. B. mit doppeltchromsaurem Kali, entstand bei oben geschilderter mikrochemischer Ozonprobe niemals eine Blaufärbung. Auch Eisenrost gab keine Blaufärbung, was begreiflicherweise wichtig zu wissen ist. Flecke von Ferrum sesquichloratum dagegen ergaben eine sozusagen stürmische Reaction.

Die neuere Chemie verwendet bekanntlich besonders bei praktischen Arbeiten (z. B. in der Metallurgie) mit Erfolg die chemische Wirkung des galvanischen Stromes zur Analyse (Elektrolyse). Seit vielen Jahren mit der praktischen Anwendung des Mikroskops beschäftigt, war Verfasser bestrebt, einen einfachen und doch ausreichend vielseitigen Apparat zur Elektrolyse unter dem Mikroskop zu construiren. Vorwiegend für den praktischen Mikroskopiker bestimmt, soll er hier beschrieben und abgebildet werden,[1]) da die in den Lehrbüchern der mikroskopischen Technik beschriebenen anderen derartigen Vorrichtungen einerseits den Fortschritten der modernen Elektrotechnik nicht entsprechen, andererseits zu complicirt und theuer sind; oder gar ein besonders für die Anwendung der Elektricität auf dem Objecttische construirtes Mikroskopstativ erfordern.

An dem letzteren Fehler leidet auch der elektrische Objectträger des Elektrotechnikers Dr. O. Lehmann,[2]) welchen übrigens Verfasser erst auf der Ausstellung der 66. Naturforscher-Versammlung zu Wien 1894, auf welcher bereits des Verfassers Apparat sub Kat.-Nr. 38 ausgestellt war, kennen lernte. Vollinhaltlich würdigen muss aber der Verfasser dieses die Motive, welche Dr. O. Lehmann zur Construction seines Apparats veranlasst hatten und welche Lehmann mit folgenden Worten ausdrückt:

„Botaniker und Zoologen haben sich für ihre Zwecke eine Reihe von Vorrichtungen zum Durchleiten elektrischer Ströme oder elektrischer Entladungen durch Präparate construirt, bezüglich welcher auf die Beschreibung

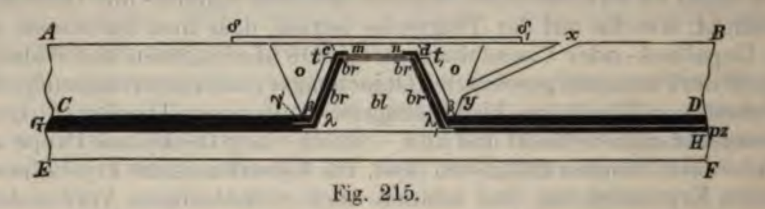


Fig. 215.

in Dippel's „Mikroskop" verwiesen werden muss, da keine derselben die für physiologische und chemische Untersuchungen nöthige Zuverlässigkeit und Handlichkeit zu bieten scheint."[3])

Nach diesen einleitenden Worten erlaubt sich Verfasser zur Beschreibung des Apparats überzugehen. Fig. 215 zeigt den wesentlichsten Theil desselben, nämlich den mittleren, im Längsdurchschnitte. *EFGH* ist ein Objectträger englischen Formats. Auf diesem ist mittelst Canadabalsams oder sonst eines geeigneten durchsichtigen Verbindungsmittels ein unten cylindrisch, oben conisch geformter Glasblock *bl* aufgekittet. Der Glasblock ist nahe seiner Peripherie mit sechs Bohrungen versehen, von denen in Fig. 215 nur die zwei mittleren im Längsschnitte bei *br* (schwarz auf weissem Grunde) zu sehen sind. Unten, an der Basis, wo der Glasblock cylindrisch ist, münden

[1]) Vergl. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Classe. Bd. CIV, Abth. III. Jänner 1895. Ueber einen einfachen Apparat zur Elektrolyse unter dem Mikroskop auch bei geringem Focalabstande der benützten Objective, welcher sich auch zu elektrophysiologischen Versuchen mit Infusorien und Bakterien eignet. Von Dr. Wilhelm Kaiser. Wien 1895. Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei. Vorgelegt in der Sitzung am 10. Jänner 1895.

[2]) Molekularphysik, mit besonderer Berücksichtigung mikroskopischer Untersuchungen und Anleitung zu solchen, sowie einem Anhang über mikroskopische Analyse. Von Dr. O. Lehmann, Professor der Elektrotechnik am königl. Polytechnicum zu Dresden. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1889. I. Bd., Fig. 367.

[3]) Lehmann, Molekularphysik, S. 834.

auf die dem Mantel des abgestutzten Kegels parallel verlaufenden Bohrungen unter stumpfem Winkel die Bohrungen ββ. Die sechs Mündungen der Bohrungen an der oberen plangeschliffenen Fläche des Glasblockes sind in der schematischen Fig. 216 sub *a b c d e f* ersichtlich. Durch die letzterwähnten Oeffnungen sind drei Platindrähte bügelartig durchgezogen, so dass an der Oberfläche des Glasblockes, wie Fig. 216 zeigt, blos die oberen Theile des betreffenden Platindrahtbügels freiliegen. Diese Bügeltheile laufen vollständig parallel miteinander. Die äusseren Platindrähte *a b* und *e f* (Fig. 216) bestehen aus 0·2 *mm* dicken Drähten, der mittlere Platindraht *c d* ist 0·1 *mm* dick und von den beiden äusseren Drähten 1 *mm* entfernt, welchen Abstand demnach auch die Löcher *a* von *c*, *c* von *e* einerseits und *b* von *d*, *d* von *f* andererseits haben müssen.

Die freiliegenden Bügeltheile *a b*, *c d* und *e f* sind etwas über 5 *mm* lang, weshalb auch die Löcher *a* von *b*, *c* von *d*, *e* von *f* circa 5 *mm* entfernt sein müssen. Fig. 215 zeigt uns den weiteren Verlauf der bügelförmigen Metalldrähte, und zwar an einem durch den mittleren Draht *c d* gelegten Längsschnitt, wo der Platindraht als weisse Ader auf schwarzem Grunde durch die, wie wir später sehen werden, mit Kitt ausgefüllten Bohrungen durchläuft. Bei *c* und *d*, bei λ und λ_1 ist der Platindraht stumpfwinkelig gebogen, welche Biegung sich übrigens bei so dünnen Drähten schon durch die Form der Bohrungen ergibt, so dass diese letzteren, im starren Glase gemacht, den erwähnten, wie hier gleich bemerkt sei, als Elektroden dienenden Platindrähten ein- für allemal eine bestimmte Form ertheilen.

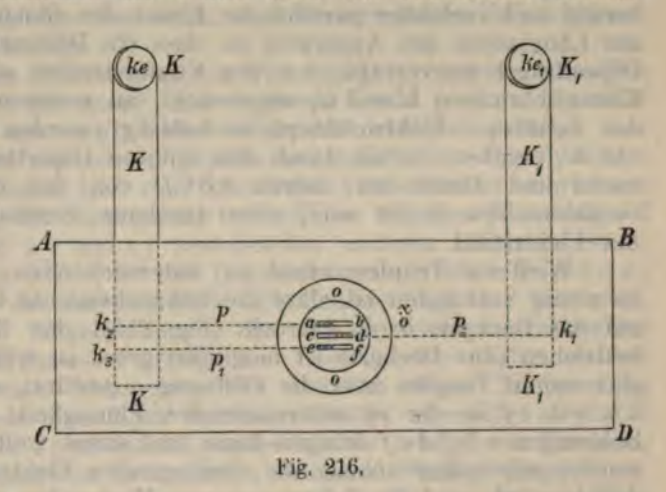


Fig. 216.

In Fig. 215 sehen wir dann rechts vom Beschauer den absteigenden Ast des Platinbügels von λ_1 nach *pz* verlaufen. Links verläuft der absteigende Ast von λ nach γ und endigt hier blind, so dass das Stück $\lambda\,\gamma$ blos den Zweck hat, die Spannung von *c d* zu ermöglichen. Die Stücke λ_1 *pz* und $\lambda\,\gamma$ sind in Siegellackmasse (schwarz) eingebettet, oder besser gesagt, zwischen zwei Glasplatten, welche mit schwarzem Siegellack aufeinandergekittet sind, eingepresst.

Auf dem Objectträger *EGHF* (Fig. 215) ist nämlich ein conisch durchbohrter dicker Objectträger *ABCD* so mit Siegellack aufgekittet, dass die Mittelöffnung den Glasblock *bl* umgibt. Hiedurch entsteht eine Rinne *o* um den Glasblock *bl*, welche concentrisch verläuft, wie in Fig. 216 zu sehen ist. Der Glasblock *bl* ist (Fig. 215) um circa 0·1 *mm* niederer als die Dicke des Objectträgers *ABCD*, wozu noch die Dicke der Siegellackschichte zwischen *ABCD* und *EFGH* hinzukommt, so dass, wenn man, wie in Fig. 215 ersichtlich, über die Oeffnung o—o_1 das Deckgläschen δ—δ_1 bringt, zwischen der die Platindrähte tragenden Glasblockoberfläche und dem Deckgläschen Raum genug bleibt, einen hängenden Tropfen t—t_1 (Fig. 215) unterzubringen, welcher dann die Platindrähte vollständig umspült und sich an der Oberfläche des Deckgläschens einerseits und der des Glasblockes andererseits so abplattet,

dass dessen Gestalt als nahezu cylindrisch betrachtet werden kann. Der Apparat repräsentirt also eine Art „feuchter Kammer" mit Elektroden. Fig. 216 zeigt den Apparat schematisch von oben gesehen, etwa so, wie er auf dem Objecttische eines Mikroskopes liegt, und zwar im Ganzen, während Fig. 215 nur den mittleren Theil umfasste. In Fig. 216 sehen wir, wie der auch in Fig. 215 mit p_2 bezeichnete absteigende Ast des mittleren Platinbügels nach rechts verläuft und bei k_1 an den Kupferblechstreifen K_1 angelöthet ist. Die von den äusseren Platinbügeln absteigenden Aeste p und p_1 gehen nach links und sind beide bei k_2 und k_3 an den Kupferblechstreifen K angelöthet. Die beiden Kupferstreifen KK_1 bestehen aus 1 *mm* starkem, hartgehämmertem Kupferblech und sind in entsprechenden Ausschliffen zwischen den Glasplatten $ABCD$ und $EFGH$ eingelegt und dadurch festgehalten, dass diese Glasplatten, wie erwähnt, mit Siegellack aneinandergekittet sind.

Erwägt man, welche bedeutende Adhäsion Siegellack zwischen Glasplatten bewirkt, so muss diese Befestigungsart als solide erkannt werden. Die Kupferstreifen K und K_1 treten horizontal aus der Siegellackschicht heraus und verlaufen parallel zur Ebene der Glasplatten und senkrecht auf der Längsachse des Apparates so, dass ein Decimeter langes Stück über die Objectträger hervorragt. An den Kupferstreifen sind am Ende die kleinen Klemmschrauben kl und kl_1 angebracht, an welchen dann die Leitungsdrähte der benützten Elektricitätsquelle befestigt werden können. Die Streifen K und K_1 ergeben, da sie durch den unteren Objectträger $EFGH$ vom Objecttische und durch den oberen $ABCD$ von den etwa verwendeten Objecttischklammern isolirt sind, eine durchaus verlässliche Ab- und Zuleitung der Elektricität.

Wird ein Tropfen einer zu untersuchenden Flüssigkeit, von welcher so wenig vorhanden ist, dass die mikrochemische Untersuchung angezeigt ist, auf das Deckglas δ—δ_1 gebracht (Fig. 215), der Rand desselben mit Talg bestrichen (das Deckglas ist möglichst gross zu wählen) und nun das Deckglas sammt Tropfen über die Oeffnung o gestürzt, so liegen die Platindrähte $a\,b$, $c\,d$, $e\,f$ in der zu untersuchenden Flüssigkeit. Damit diese nicht in die Bohrungen $a\,b\,c\,d\,e\,f$ dringen kann und damit weiters (zu welchem Zwecke, werden wir später sehen) die freiliegenden Elektrodenflächen genau cylindrische sind, sind die Bohrungen vom Mechaniker mit einem sowohl Säuren als Alkalien widerstehenden Kitte ausgefüllt und mit diesem (Fig. 215) bei c und d (und ebenso bei a, b, e, f) die Biegungen der Platindrähte an der Oberfläche des Glasblockes bl überzogen. m von n (Fig. 215) muss dann genau 0·5 *mm* entfernt sein. (Die Kittmasse ist in Fig. 215 schwarz bezeichnet.)

Betrachten wir nun Fig. 216. Wird der Apparat, wie vorerwähnt, mit einem zu untersuchenden Tropfen beschickt und nun die Klemme kl mit dem positiven Pole einer kleinen galvanischen Batterie, die Klemme kl_1 mit dem negativen Pole verbunden, so bildet $c\,d$ oder besser gesagt, der in Fig. 215 mit $m\,n$ bezeichnete freiliegende Theil des Platindrahtes die Kathode, die beiden Drähte $a\,b$ und $e\,f$ die Anode und es tritt im Tropfen bei einer gewissen Stromstärke der angewendeten Elektricitätsquelle Elektrolyse ein. War der Tropfen etwa Wasser mit Schwefelsäure, so wird heftige Gasentwicklung auftreten und es würde das Deckglas schliesslich von den entwickelten Gasen gehoben werden. Um dies zu verhüten, ist der Objectträger $ABCD$ von der Oberfläche bei x zur Rinne o bei y schief durchbohrt; es können also die Gase, durch die Rinne o streichend, bei y, respective x entweichen. Tritt keine Gasentwicklung ein, etwa wie dies bei sehr schwachen Strömen der Fall ist, oder soll der Apparat unter Anwendung von Inductoren mit hochgespannten Strömen nicht zur Elektrolyse, sondern zu physiologischen

Experimenten verwendet werden, so kann die Oeffnung x begreiflicherweise mittelst Auflegen eines mit Unschlitt, Wachs u. dergl. bestrichenen Deckglasfragmentes leicht verschlossen werden.

Bringt man das Ganze auf den Objecttisch eines beliebigen Mikroskopes continentaler Façon und stellt mit einem Objectiv geringer Stärke und einem mittleren Oculare auf die Mitte des Apparates ein, so wird man durch das Gesichtsfeld die drei Drähte laufen sehen. Hat man nun an dem Mikroskope, wie ja jetzt meist der Fall, einen Abbé'schen Beleuchtungsapparat[1]) oder gleichwerthigen Condensor mit Sternblende, oder eine Beleuchtungslinse, welche Beleuchtung opaker Objecte von oben gestattet, und beleuchtet nun mittelst eines der genannten Hilfsmittel die Platindrähte von oben, so werden dieselben als silberweisse Fäden auf dunklem Grunde erscheinen. In diesem Zustande (positive Bilder auf dunklem Gesichtsfeld) wird sich jede Aenderung der Farbe der Drähte deutlich präsentiren. Bei Benützung der gewöhnlichen mikroskopischen Beleuchtung werden die Drähte als schwarze dicke Striche auf hellem Grunde erscheinen und jeden Dickenzuwachs unter Zuhilfenahme irgend eines verlässlichen Mikrometers leicht erkennen und messen lassen.

Wir werden im Nachfolgenden sehen, dass wir von beiden Beleuchtungsarten Gebrauch machen werden.

Wenden wir stärkere Objective an, so wird das Gesichtsfeld schliesslich so klein werden, dass wir nur mehr den mittleren Draht ($c\ d$ in Fig. 216) sehen, die beiden je 1 *mm* vom mittleren Drahte entfernt parallel verlaufenden dickeren Drähte $a\ b$ und $c\ d$ werden ausserhalb des Gesichtsfeldes zu liegen kommen. Verfasser traf nun eben die vorstehend beschriebene symmetrische Anordnung der Elektroden, bei welcher die eine Elektrode $c\ d$ von der aus den Drähten $a\ b$ und $e\ f$ bestehenden anderen Elektrode sozusagen umgeben ist (da ja $c\ d$ $^1/_2$ so viel Durchmesser hat, wie $a\ b$ und $c\ d$), um zu erzielen, dass für die meisten Fälle die Beobachtung der mittleren, auch bei den stärkeren Vergrösserungen im Gesichtsfelde verbleibenden Elektrode von 0·1 *mm* Durchmesser genüge und dass bei der später zu besprechenden elektrolytischen Ablagerung von Metallen dieser Niederschlag auf dem dann als Kathode benützten mittleren Drahte ebenfalls möglichst symmetrisch, das heisst in Form eines Cylindermantels erfolge, ein Umstand, dem der Verfasser aus später zu erörternden Gründen Werth beilegt.

Wir haben nun den Apparat beschrieben und wollen zur Anwendung desselben übergehen.

Diese Anwendung des Apparates ist eine doppelte: I. Zur qualitativen Elektrolyse und II. zur quantitativen elektrolytischen Untersuchung.

I. Qualitative Elektrolyse.

Bezüglich der qualitativen Elektrolyse ist zu bemerken, dass selbe, wie die Untersuchungen Cresti's, Hittorf's, Fischer's und Anderer lehren, sich insbesondere für Metallauffindung eignet, und hatte Verfasser auch hauptsächlich die Untersuchung auf Kupfer, Blei, Zink u. dergl. im Sinne, wenn nur kleine Mengen der zu untersuchenden Flüssigkeit zur Verfügung stehen. Es lässt sich z. B. auf diese Art bei von der sogenannten Kupfer- oder Bronzekrankheit befallenen Arbeitern leicht durch Entnahme eines Tropfen Blutes, dessen Kupfer durch Zusatz von Schwefelsäure mittelst Glascapillarrohres, welches ein Quantum Schwefelsäure fasst, das im Tropfen ungefähr 15mal enthalten ist, in schwefelsaures Kupfer übergeführt wurde, genanntes Metall als rother Ueberzug auf dem mittleren Platindrahte nachweisen, wenn man den auf gedachte Art mit Schwefelsäure versetzten Blutstropfen in den

[1]) Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. IX, S. 496.

Apparat bringt und mit dem mittleren Drahte den Zinkpol, mit den beiden anderen Drähten den Kupfer- oder Kohlepol einer aus zwei bis drei Elementen bestehenden Batterie verbindet. Bei einigermassen bedeutenderen Mengen Kupfers erfolgt die Röthung des Platindrahtes fast sofort, obgleich hier mit dem Ausdruck „bedeutenderen" noch sehr verdünnte Kupferlösungen gemeint sind, was seine Begründung in der Angabe Hans Jahn's [1]) findet, dass in concentrirten Lösungen die Kupferausscheidung langsamer erfolgt als in verdünnten und sich daher kleine Mengen Kupfers bei letzteren sehr rasch verrathen.

Kupfer fällt überhaupt aus freie Schwefelsäure, Salpetersäure oder Essigsäure enthaltenden Lösungen vollständig aus, wenn die Menge der freien Säure, als Anhydrid berechnet, nicht über 8% vom Gewichte der zu elektrolysirenden Lösung beträgt,[2]) und hat Verfasser gefunden, dass bei Blut, Chlorophyll u. dergl. organischen Substanzen sich die Beimengung von $^1/_{15}$ Tropfen (mittelst Capillarrohr leicht zu messen; der ganze Tropfen wird aufgesaugt und die Länge, die er im Capillarrohr einnimmt, markirt, dann in 15 gleiche Theile getheilt), als Volumtheil gedacht, empirisch bewährt hat.

Bei Erfolglosigkeit vorgedachten Verfahrens kann an salzsaure Kupfersalze gedacht werden, dann setzt man Spuren Salmiak oder Chlornatrium der Lösung (dem Tropfen) zu und die Elektrolyse gelingt.

Selbst ein Milliontheil Kupfer scheidet sich bei Einwirkung einiger constanter Elemente (am besten vier Meidinger-Elemente, da diese sehr constant sind und keine den Instrumenten schädliche Dämpfe exhaliren) als schwarzer Ueberzug auf dem als negative Elektrode dienenden Platindrahte ab. Allerdings ist hier längere Elektrolyse nöthig. Ein Tropfen Ammoniak, auf den geschwärzten Draht gebracht, lässt, nachdem man den Tropfen, welcher elektrolysirt wurde, mittelst Filtrirpapieres gänzlich entfernt hat, nach zuverlässiger eigener Erfahrung des Verfassers die kleinste Spur Kupfer unter dem Mikroskope als bläulichen Anflug des Platindrahtes selbst dann erkennen, wenn er unter dem Mikroskope ohne Ammoniak noch fast weiss erscheint, weil der Metallüberzug noch zu schwach ist. Es scheint mir diese Methode einfacher als jene Cresti's, welcher (natürlich für die makroskopische Analyse mittelst Elektrolyse) empfiehlt, Bromkalium mit Schwefelsäure zu zersetzen und die Dämpfe auf den Platindraht einwirken zu lassen, worauf der Kupferüberzug eine tiefblau-violette Farbe annimmt.

Gold lässt sich mittelst Zusatzes von Cyankalium leicht als regulinischer Niederschlag am Platin erkennen, Quecksilber, Blei und viele andere Metalle, ja sogar Arsen, Indium, Vanadin und Thallium (bei Arsen wird aus wässeriger oder oxalsaurer Lösung ein Theil metallisch reducirt) lassen sich qualitativ erkennen. Lösungen, die mehrere Metalle enthalten, lassen sich dadurch qualitativ elektrolysiren, dass man das zuerst ausfallende Metall so lange ausfällt, bis keine merkliche Verdickung des Platindrahtes, oder, falls eine solche nicht merklich, keine weitere Aenderung in Farbe und Glanz an demselben vor sich geht (Quecksilber fällt in Kügelchen aus, die unter dem Mikroskope sehr gut sichtbar sind), dann die Lösung (Tropfen) mittelst Capillarrohr absaugt, den Drahtüberzug auf Farbe, Löslichkeit, Reaction u. dergl. prüft, dann die Drähte reinigt (etwa mit Salpetersäure und Nachspülen mit Wasser, bei Gold mittelst Königswasser, wobei sehr achtgegeben werden muss, dass nur der Goldniederschlag, nicht aber auch der Platindraht angegriffen wird, was durch rasches Abspülen nach Anwendung des Königswassers

[1]) Dr. Hans Jahn, „Die Elektrolyse", Wien 1883, Hölder's Buchh., S. 120.

[2]) „Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung," von Ed. Japing, Wien, A. Hartleben's Verlag, 1884, S. 130.

erzielt wird), den zu untersuchenden Tropfen aus dem Capillarrohr wieder ausbläst, mit Kalilauge alkalisch macht und dann weiter elektrolysirt.

II. Quantitative elektrolytische Untersuchung (Schätzung).

Es würde hier, wo es sich ja hauptsächlich um die Beschreibung eines Apparates handelt, nicht am Platze sein, alle elektrolytischen Methoden anzugeben, welche der Apparat auszuführen gestattet. Verfasser muss vielmehr auf die vorcitirten Werke verweisen, aus welchen er neue Anwendungsarten seines Apparates schöpfte, namentlich auf Dr. A. Classen's „Quantitative Analyse durch Elektrolyse", Berlin, Jul. Springer, 1892.

Unter dem Mikroskope ist die quantitative Elektrolyse mit gewissen Umständlichkeiten verbunden, welche es fraglich erscheinen lassen, ob dieselbe gegenüber den sonstigen massanalytischen Methoden Vorzüge bezüglich der Expeditivität aufweist. Man bedarf zur Ausführung derselben eines womöglich mit beweglichem Objecttische und genauem Mikrometer ausgestatteten sehr stabilen Mikroskopes und unter Umständen eines genauen Stromstärkemessers, welcher Zehntel, ja Hundertstel eines Ampère (Deci- und Centiampères) zu messen gestattet, eines Rheostaten und einer schwachen, aber constanten Batterie.[1])

Verfasser schränkt also gleich die Anwendbarkeit seines Apparates auf quantitative Schätzungen jener Metalle ein, welche leicht regulinisch zu fällen sind, wie namentlich Kupfer, Silber u. s. w.

Es lag sehr nahe zu sagen: Man kennt die Menge Kupfer, Silber etc., welche ein Strom von 1 Ampère in einer Stunde an der Kathode niederschlägt. Ich beobachte nun mittelst des Mikroskopes den mittleren Draht als Kathode, bis kein Dickenzuwachs mehr erfolgt, messe den Strom und die Zeit, die zur vollständigen Ausfällung des Metalles verbraucht wurden, und berechne daraus die Niederschlagsmenge. Diese mathematische, auf das Faraday'sche Gesetz der elektrochemischen Aequivalente gestützte Erwägung scheitert ausser an den vielfachen Fehlerquellen (Stromstärkeschwankung, Fehler beim Messen des Stromes, beim Messen der Zeit, beim Bestimmen des Zeitpunktes der beendeten Fällung) hauptsächlich daran, dass, wie Hans Jahn (Die Elektrolyse l. c.) nachwies, die Ueberführung von Kupfer in sehr verdünnten Lösungen schneller vor sich geht als in concentrirten. Die Angabe, dass also z. B. ein Strom von 1 Ampère in der Minute 19·86 *mg* Kupfer an der Kathode fällt, gilt nur für eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol, wie selbe zu derlei Messungen angewendet wird, und richtig ist dann blos der Satz, dass ein Strom, welcher in einer Minute aus concentrirter Kupfersulfatlösung 19·86 *mg* Kupfer abscheidet, die Stromstärke von 1 Ampère hat.

Verfasser musste also von anderen Erwägungen ausgehen. Dieselben gipfeln in Folgendem:

Bringt man den Apparat mit einer Kupferlösung beschickt auf den Objecttisch eines Mikroskopes und ist der Draht, der als Kathode dient, wie bei der Beschreibung des Apparates angegeben wurde, wirklich 0·1 *mm* dick, so wird, falls eine Zeitlang ein Strom durchgeleitet wird, der Draht durch den Niederschlag verdickt erscheinen, und diese Verdickung lässt sich, falls ein Ocularmikrometer im Mikroskope sich befindet, besonders dann gut messen, wenn eine am oder im Objecttisch angebrachte Schraubenvorrichtung eine sanfte Verschiebung des elektrischen Objectträgers gestattet, mittelst welcher die Einstellung der Contour des Drahtes zu den Theilstrichen des Mikrometers besser gelingt, als mit freier Hand.

[1]) Vier Meidinger-, Callaud- oder dergl. Kupfersulfatelemente.

Verfasser hat nun versucht, aus dieser Verdickung auf die Menge des abgeschiedenen Metalles zu schliessen. Betrachten wir Fig. 217. Sie stellt das in Fig. 216 als *c—d* bezeichnete freiliegende cylindrische Stück des mittleren, hier als Kathode dienenden Platindrahtes, welcher 0·1 *mm* dick und 5 *mm* lang ist, vergrössert vor. o—o_1 ist die Axe dieses Cylinders, r dessen Radius und d der halbe Dickenzuwachs. Der Zuwachs als Volumen multiplicirt mit dem specifischen Gewichte des betreffenden Metalles, welches am Drahte regulinisch niedergeschlagen diesen Zuwachs bewirkt hat, ergibt die Gewichtsmenge des aus dem Tropfen niedergeschlagenen Metalles.

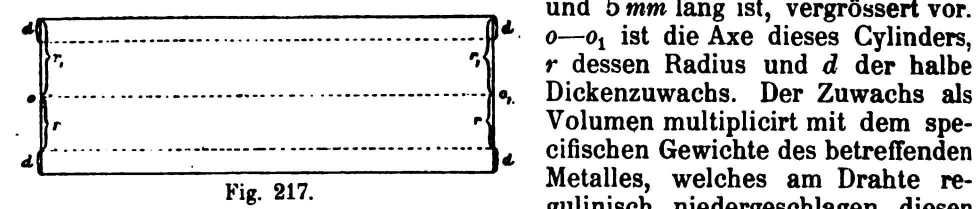


Fig. 217.

Nennen wir dieses Volumen v_x, so finden wir

$$v_x = h\pi(2rd + d^2).$$

Es sei nämlich v das Volumen des Platindrahtes ohne Niederschlag und v_1 das Volumen desselben mit Niederschlag, so folgt aus Fig. 217:

$$v = r^2\pi oo_1,$$

wenn wir für oo_1 h setzen:

$$v = r^2\pi h; \quad v_1 = r_1^2\pi h; \quad r_1 = r + d;$$

$$v_x = v_1 — v = r^2\pi h — r_1^2\pi h = r^2\pi h — (r^2 + 2rd + d^2)\pi h =$$
$$= \pi h(2rd + d^2).$$

Ist s das specifische und p das gesuchte Gewicht des aus dem Tropfen niedergeschlagenen Metalles, so ergibt sich: $p = v_x s = sh\pi(2rd + d^2)$. Unbekannt ist d und dieses wird durch die Messung gefunden, indem man den Dickenzuwachs ($2d$) misst, nachdem er grösser zu werden aufgehört hat. Die specifischen Gewichte von Metallen, welche sich aus Lösungen regulinisch niederschlagen, sind annähernd genau bestimmbar, wenn man mittelst Rheostaten und Ampèrometer, die man in den Stromkreis einschaltet, die Stromstärke einer aus constanten Elementen bestehenden, etwa drei- bis sechsgliedrigen galvanischen Batterie so lange regulirt, bis eine eigens zubereitete, sehr verdünnte Metallösung, die man in den Apparat gebracht hat, vollkommen regulinischen, bei Kupfer z. B. an der glänzend rothen Farbe kenntlichen Niederschlag ergibt. Mit derselben Stromstärke elektrolysirt man dann in einem grossen elektrolytischen Apparate, der z. B. aus zwei Kupferstreifen bestehen kann, eine gleich verdünnte Lösung in grösserem Quantum und untersucht das specifische Gewicht des niedergeschlagenen Kupfers mittelst Picnometers und analytischer Waage. Man kann dann, ohne sehr fehlzugreifen, das gefundene specifische Gewicht auch Berechnungen bei anderen mikroskopischen Elektrolysen desselben Metalles zu Grunde legen, wenn man wieder dieselbe mittelst Rheostaten und Ampèrometer zu regulirende Stromstärke (möglichst gering bei Kupfer!) anwendet, mag auch die Lösung, die zu untersuchen ist, weit verdünnter sein. Verfasser fand so das specifische Gewicht des galvanisch gefällten regulinischen Kupfers zwischen 8·5 und 8·7 (gegen 8·95 des gehämmerten Cu!) und hat nach obiger Formel gefunden, dass, wenn $h = 5$ *mm*, $r = 0·05$ *mm* und $s = 8·5$ ist, bei einem gewiss leicht messbaren gesammten Dickenzuwachse ($2d$) von 0·002 *mm*, also 1 µ (Mikron = $^1/_{1000}$ *mm*) einerseits, was ja d in Fig. 217 und in obiger Formel entspricht, $p = 0·08585$ *mgr* ist: im Tropfen waren also 0·08585 *mgr* Kupfer enthalten gewesen, wenn der Draht bis zum Ende der Dickenzunahme um 0·002 *mm* beiderseits, also 1 µ einerseits zunahm. Da ein solcher Tropfen $^1/_{15}$ eines Kubikcentimeters ist,

so waren in einem Kubikcentimeter $0·08585 \times 15 = 1·28775$ *mgr* Kupfer vorhanden, also circa 1‰ oder 0·1%. Erwägt man, dass mit den modernen Mikrometern ein Zuwachs von 0·5 μ und weniger noch wahrgenommen werden kann, so kann man sagen, dass nach dieser Methode noch ziemlich geringfügige Mengen Metalle quantitativ geschätzt werden können, auch wenn die zu untersuchende Flüssigkeitsmenge sehr gering ist, z. B. ein Tropfen Blut, der Fingerkuppe entnommen bei metallischen Blutvergiftungen.

Die Galvanoplastiker haben uns zur Erzielung regulinischer Niederschläge eine Menge Zusätze zu den Elektrolyten anwenden gelehrt, so bei Silber den Zusatz von Cyankalium, bei Kupfer die vorerwähnten Zusätze von Schwefel- oder Salpetersäure (5 bis 7%), ferner Weinsäure, Ammoniak u. s. w., welche, mittelst calibrirten Capillarrohres gemessen, verwendet wurden.

Verfasser kann aber nicht umhin, die Bedeutung seines Apparates für den Praktiker nicht so sehr darin zu sehen, dass sich damit quantitative Schätzungen ausführen lassen, als vielmehr in der Ermöglichung rascher qualitativer Metallauffindungen in sehr verdünnten und in sehr geringer Menge zur Verfügung stehenden Lösungen ohne andere Vorrichtungen als den elektrolytischen Objectträger, irgend ein modernes Mikroskop und zwei Elemente, wobei bemerkt wird, dass für qualitative Untersuchungen auch kleine Chromsäureelemente anwendbar sind, falls man die Zinke gut amalgamirt, die Kohlenpole vom Zink der besseren Depolarisation wegen recht weit abstehen, die Zinkfläche an Oberflächeninhalt überwiegen und die Batterie weitab vom Mikroskope, dem ihre Dämpfe schaden könnten, aufgestellt wird.[1]) Bemerkt wird, dass sich der in derlei Arbeiten halbwegs geübte Praktiker den beschriebenen Apparat, allenfalls mit Hilfe eines Glasschleifers, leicht herstellen kann. Uebrigens kann diese Vorrichtung ausser von Hermann Dümmler, Wien, IX. Schwarzspanierstrasse 4, und von Lenoir und Forster, Wien, IV. Waaggasse 5 (unter Berufung auf die citirte Abhandlung in den Sitzungsberichten der Wiener kaiserl. Akademie der Wissenschaften), zu mässigem Preise (circa 10 *K* ohne elektrisches Zugehör) auch von der Handlung mikroskopischer Utensilien R. Siebert, Wien, IX. Garnisonsgasse 9, bezogen werden und die hiezu gehörigen Batterien, Rheostaten und Ampèrometer von Reiniger, Gebbert & Schall, Wien, IX. Universitätsstrasse 12.[2])

Ein completer mikroelektrolytischer Apparat wurde vom Verfasser in der 18. Gruppe der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wien vor einem Auditorium von Chemikern und Mikroskopikern demonstrirt (September 1894).

Die Injection.[3])

Um Adern und andere organische Gefässe bezüglich ihres Ursprunges, Verlaufes und ihrer Verbreitung besser sichtbar zu machen, bedient man sich sowohl in der makroskopischen als in der mikroskopischen Anatomie der Einspritzung gefärbter Flüssigkeiten (Injection).

---

[1]) Die neueren galvanischen Elemente von J. Hahn, Wien, VI. Hofmühlgasse 3, „Meteor-Elemente" genannt, hauchen keine schädlichen Dämpfe aus und haben sich bei meinen Versuchen sehr gut bewährt.

[2]) Vollständige Instrumentarien für mikroskopische Elektrolyse besorgt das Institut für Präcisions-Optik und Mechanik von Erwin Kosak in Wien, IX. Universitätsstrasse Nr. 12, woselbst man auch für solche Arbeiten geeignete Mikroskope aller Firmen des Continents kaufen kann.

[3]) Aus technischen Rücksichten ist es nicht möglich gewesen, die übrigens überflüssige Eintheilung des Stoffes in Paragraphen über das dritte Heft hinaus durchzuführen, was der Leser gütigst entschuldigen wolle.

Da dieser Leitfaden für praktische Berufe bestimmt ist, die mikroskopische Injectionstechnik aber mehr für den theoretischen Forscher und Lehrer in Betracht kommt, so übergehe ich diesen Zweig mikroskopischer Technik und verweise auf die prägnante Darstellung im „Leitfaden bei der mikroskopischen Untersuchung thierischer Gewebe“ von Prof. Sigmund Exner in Wien (Leipzig, Wilhelm Engelmann's Verlag, 1878, S. 54 ff.), ferner auf das oft citirte Buch Prof. Dr. Heinrich Frey's „Das Mikroskop und die mikroskopische Technik“ (ebenfalls in Engelmann's Verlag erschienen), auf Stein's „Das Licht im Dienste der wissenschaftlichen Forschung“ (2. Aufl., Halle 1888) und schliesslich auf Dr. A. Zimmermann's „Das Mikroskop. Ein Leitfaden der wissenschaftlichen Mikroskopie“ (Leipzig und Wien bei Franz Deuticke, 1895, S. 261 ff.) u. A. m. In Dr. Ludwig von Thanhoffer's „Das Mikroskop und seine Anwendung“ (Stuttgart bei Enke, 1880) findet man auch das Wissenswertheste über die sogenannte „physiologische Selbstinjection“ lebender Thiere.

In der botanischen Mikroskopie versteht man unter Injection die von Prof. Schacht bei seinen Untersuchungen über die Tüpfel im Nadelholze zuerst benützte Imbibition der Hohlräume der Pflanzengewebe mit geschmolzenem und gefärbtem Stearin oder mit ähnlich tingirten Gelatinemassen, welche mit Hilfe einer kleinen Spritze oder (nach Schacht) mittelst einer kleinen Handluftpumpe ausgeführt wird. Auch diese Methode dient wohl blos theoretischen Untersuchungen. Das Wichtigste darüber findet sich in Dippel's „Das Mikroskop und seine Anwendung“, I. Theil, 2. Aufl., 1882.

Das lebende Object.

Zum Studium organisirter Naturkörper ist es durchaus nicht genügend, dieselben blos im präparirten (todten) Zustande unter dem Mikroskope zu beobachten, so sehr auch, wie wir bereits gesehen haben, die Präparation, also z. B. die Färbung, einen tieferen Einblick in deren Structur zu verschaffen vermag, vielmehr wird es sich empfehlen, die Lebenserscheinungen mancher derselben zu verfolgen und damit der Erkenntniss ihres Seins näher zu treten, indem ja dieses Sein nichts Anderes ist, als fortwährendes Werden.

Um diese Beobachtung lebender Objecte zu ermöglichen, musste die mikroskopische Technik darauf bedacht sein, Behelfe zu ersinnen, welche dem lebenden Organismus auch auf dem Tische des Mikroskopes einerseits womöglich jene Bedingungen schaffen und durch die Zeit, während welcher die Beobachtung dauert, erhalten, wie ihm solche gemeiniglich zu seinem Fortbestande nothwendig sind, andererseits gestatten, denselben experimentellen Eingriffen zu unterziehen (z. B. ihn zu elektrisiren). Eine ausführliche Darstellung aller für diese Zwecke ersonnenen Methoden und Apparate würde ein Buch für sich allein ausmachen und ist Sache eines biologischen Specialwerkes; die wichtigsten Kunstgriffe jedoch müssen auch in diesem Leitfaden, welcher nicht für den Forscher und Lehrer, sondern für den Praktiker bestimmt ist, angeführt werden, weil auch dem Praktiker bei mikroskopischen Untersuchungen Objecte unterkommen können, über deren Wesen und Bedeutung die Beobachtung im lebenden Zustande bisweilen schneller Aufschluss zu geben vermag als selbst eine umständliche Präparation. Wir brauchen hier gar nicht erst an die Trichinen- und Bakterienschau, welch letztere ohne Züchtung und Lebendbeobachtung gerade den Praktiker in Hinblick auf seine Zwecke im Stiche lassen würde, zu denken; ein ganz einfacher praktischer Fall ist der, dass bei Untersuchung eines Wassers auf seine Trinkbarkeit lebende Thiere in demselben erscheinen. Manche solcher Thierchen (Infusorien) können zufällig auch in sonst gutem Brunnenwasser,

besonders im schlammigen Bodensatze des Brunnenschachtes,[1]) vorkommen, andere wieder, wie gewisse Flagellaten (Mastigophora), werden schon durch ihr Auftreten das Wasser als schlechtweg ungeniessbar erscheinen lassen und etwa auf die Verbindung des Brunnenschachtes mit Mistpfützen, in welchen die Geisselinfusorien (Flagellatae) vorzukommen pflegen, hindeuten. Diese Organismen bewegen sich so schnell durch das Gesichtsfeld, dass sie sich, falls man stärkere Vergrösserungen anwendet, der Beobachtung und Unterscheidung (z. B. von Schwärmsporen mancher Algen) leicht entziehen. Ueberhaupt sind Pflanzen und Thiere auf dieser niederen Stufe organischen Lebens schwer zu unterscheiden, sowie auch die willkürlichen von den unwillkürlichen Bewegungen.

Sterben mikroskopische Organismen ab, so verändern sie sofort ihre Gestalt, und schon vor ihrem Absterben zeigen sie in Bewegung und Aussehen Anomalien, die man als sogenannte „Involutionserscheinungen“ bezeichnet hat. Um Zeit zu haben, solche zarte Organismen zu erkennen, wird also auch der Praktiker trachten müssen, sie lebend im Gesichtsfelde des Mikroskopes längere Zeit hindurch betrachten zu können.

Die Täuschungen, die bei der mikroskopischen Beobachtung unterlaufen können, wurden oben (im § 63 dieses Leitfadens) bereits besprochen.

Es kann nicht oft genug darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Anfänger im mikroskopischen Beobachten zu ungeübt ist, um lebende Objecte zu untersuchen. So verführerisch vom Standpunkte der fesselnden Augenweide auch die Betrachtung lebender Wesen unter dem Mikroskope sein mag, ohne bedeutende Vorübung an leblosen Objecten wird das Resultat solcher von einem Anfänger unternommener Untersuchung stets ein klägliches sein. Ist es doch auch für einen sehr Geübten nicht immer leicht, den Bewegungen des Infusors oder eines herumschwärmenden Bakteriums durch entsprechendes Verschieben des Objectträgers, eventuell, falls das Lebewesen in die Höhe oder Tiefe der zwischen Deckglas und Objectträger befindlichen Flüssigkeitsschicht auf- oder untertaucht, durch rasches Hinauf-, beziehungsweise Herabdrehen der feinen Einstellung[2]) zu folgen!

Aber auch die Deutung des Geschauten ist hier ungleich schwieriger wie bei leblosen Objecten. Viele der Mikroorganismen wechseln beständig ihre Gestalt, so dass die Wiedererkennung desselben Individuums, falls man es einmal aus dem Gesichtsfelde verloren hat, grossen Schwierigkeiten unterliegt, besonders wenn, wie dies ja sehr oft der Fall ist, zahlreiche Individuen derselben Species im Gesichtsfelde vorkommen und sich rasch durch dasselbe bewegen. Die langsamen Bewegungen hingegen sind oft durch ihre Langsamkeit dem Anfänger nicht gleich als solche erkennbar, und hier gehört Geduld und Sachkenntniss dazu, grobe Irrthümer zu vermeiden. Schon im § 63 wurde die Molecularbewegung besprochen und als ein leicht beschaffbares Object zur Demonstration dieser Bewegung der aus ungemein kleinen, punktförmigen Körnchen bestehende Inhalt der Speichelkörperchen angeführt. Häufig ist nun der Inhalt von Zellen, z. B. Pflanzenzellen, ebenfalls mit

---

[1]) Vergl. Prof. Fr. Vejdovský, „Thierische Organismen der Brunnenwässer von Prag“ (Prag 1883) und weiters Tiemann u. Gärtner, „Die chemische, mikroskopische und bakteriologische Untersuchung des Trinkwassers“ (1889) und Dr. C. Mez' „Mikroskopische Wasseranalyse“ (Verlag von Julius Springer in Berlin). Alle mikroskopischen Süsswasserbewohner finden sich eingehend beschrieben und abgebildet in B. Eyfferth's „Einfachste Lebensformen des Thier- und Pflanzenreiches“, 3. Aufl., herausgegeben von Dr. W. Schönchen und Dr. Alfred Kaberlach (Braunschweig bei Benno Goeritz, 1900).

[2]) W. & H. Seibert in Wetzlar construirten früher grosse Stative, die mit einer groben, einer mittleren und einer feinen Einstellungsvorrichtung versehen sind. Zum Verfolgen der Infusorien eignet sich die mittlere Einstellung eines solchen Mikroskopes ganz vorzüglich. Reichert in Wien construirt neuestens ebenfalls Stative mit zwei feinen Ein-

Körnchen erfüllt, welche in einer oft recht langsamen Bewegung begriffen sind. Bei frischen Pflanzenschnitten mag diese Bewegung oft durch Austreten

stellungen. Fig. 218 stellt das 500 *K* kostende Stativ (welches sehr gross ist und dessen zwei Auszüge *A* und *A'* gestatten, die Tubuslänge so zu erweitern, dass sie die Anwendung

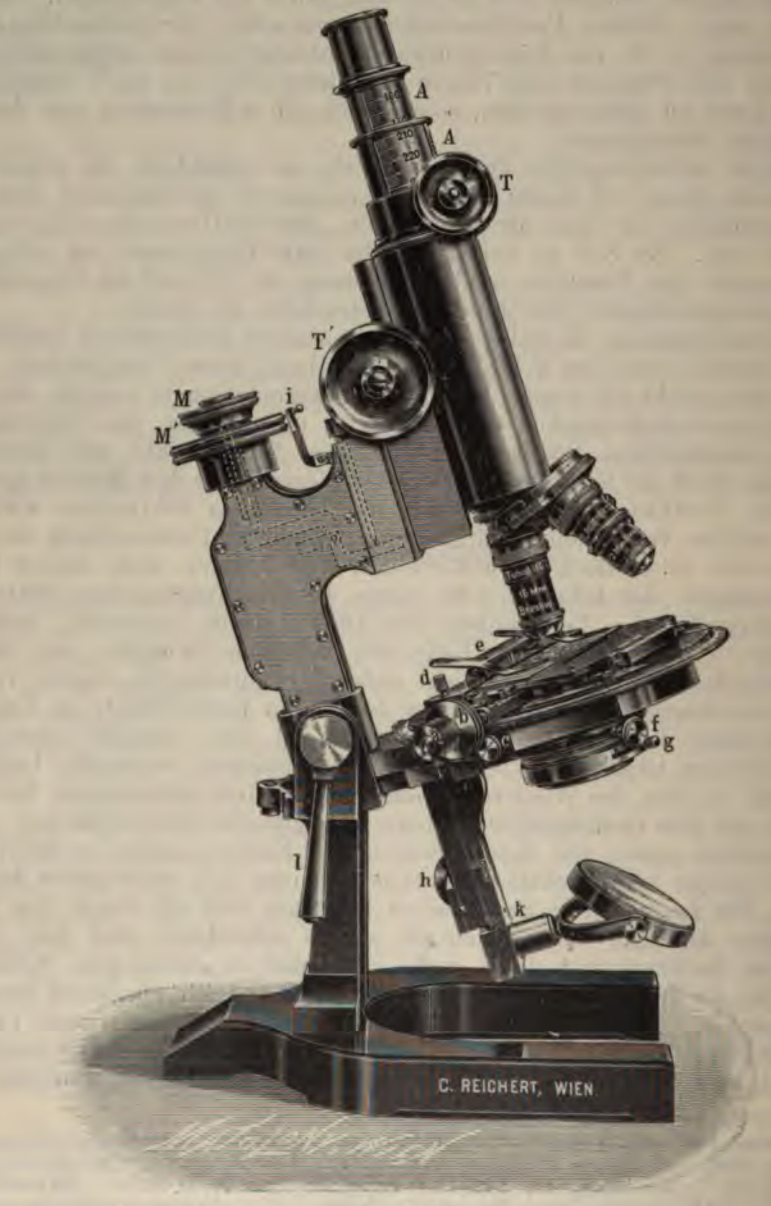


Fig. 218.

englischer Objective zulässt) dar. Die gröbere Mikrometerschraube *M'* ist hohl und enthält in sich eine feinere Mikrometerschraube *M*. Dreht man *M'*, so geht *M* mit und deren Spitze drückt auf ein in der Zeichnung punktirtes Hebelwerk, welches ein Prisma (nächst der groben Einstellung gelegen), das mit dem Tubus verbunden ist, bewegt. Dreht man *M*, so bleibt *M'* stehen und blos *M*, welche ein feineres Gewinde hat, schraubt sich in *M'*

des Inhaltes der durch die Verwundung (Schnitt) verletzten Zellen bewirkt werden, aber auch ganz unverletzte Zellen, z. B. jene der Brennhaare der Wigandia urens, zeigen eine Bewegung ihres Inhaltes, wenn man sie schonend in Wasser unter das Mikroskop bringt und etwa eine 300malige Vergrösserung anwendet. Aehnliche Strömungen zeigt der Inhalt der Amöben, von welchen jede als eine Zelle zu betrachten ist. Hier ist Folgendes zu bemerken: Auch in der Flüssigkeit des organischen Zellenleibes ist Leben und Bewegung und besonders der zähflüssige Inhalt sowohl der thierischen (von Dujardin „Sarcode", von Max Schultze „Protoplasma" genannt) als der pflanzlichen Zelle weist Bewegungen und Strömungen auf, welche in dem Zellenleibe eingeschlossene Körnchen mitmachen und sich daher selbst zu bewegen scheinen, während sie doch passiv sind. Von der Molecularbewegung unterscheidet sich diese Strömungsbewegung (Protoplasmaströmung)[1]) durch ihre grössere Amplitude und mehr einseitige Richtung. Sie kann verwechselt werden mit sogenannten endosmotischen Strömungen, welche nach den physikalischen Gesetzen der Osmose dort auftreten, wo von Membranen umgebene Flüssigkeiten, also z. B. Zellen, mit anderen Flüssigkeiten von verschiedenem, also höherem oder niederem Concentrationsgrad zusammentreffen, bis beide gleichen Concentrationsgrad haben. Eine eigenartige Protoplasmabewegung physiologischen Ursprunges ist die von Wigand[2]) sogenannte „Digressionsbewegung", welche in einem ruhigen, geradlinigen, aber in der Richtung mannigfach wechselnden Fortschreiten im Plasma eingebetteter, kleiner Körnchen besteht und auf unregelmässigen Strömungen ohne wahrnehmbare Ursache beruht.

Auch die sogenannte „Flimmerbewegung" gewisser Thiere und Zellen erzeugt starke Strömungen, deren Ursache der Anfänger nicht wahrnimmt; wenn das „flimmernde" Object ausserhalb des Gesichtsfeldes liegt und die Flimmerströmung kleine Körperchen durch das Gesichtsfeld treibt, kann man leicht versucht werden, die Bewegung der letzteren für eine Eigenbewegung zu halten. Da die Flimmerbewegung unter dem Mikroskope häufig vorkommt und besonders auch vielen Infusorien eigen ist, so wollen wir sie mit einigen Worten erläutern.

In der organischen Natur kommen Haare, Fäden oder Plättchen, welche in raschem Tempo hin- und herschwingen, sehr häufig vor. Man spricht dann von Flimmerhaaren, Cilien, Wimpern, bei Embryonen und Infu-

---

und bewegt den Hebel. Ein Index *i* gestattet, die Mikrometerschrauben als Focimeter zu benützen. *M* ertheilt bei einer Umdrehung dem Tubus eine Bewegung von 0·3 *mm*, *M'* eine solche von 0·1 *mm*. *M* ist für Objecte, die eine Vergrösserung von mehr als 500 verlangen, sehr zweckmässig, *M'* für Objecte, die, wie die meisten Infusorien, weniger starke Vergrösserung erfordern. Die Knöpfe sind übereinander gelegen und sehr bequem anzufassen. Die Ausladung, d. h. der Abstand der Tischmitte von der Tubussäule ist so gross, dass noch sehr grosse Objecte Platz finden. Für Untersuchungen an ganzen lebenden Thieren oder lebenden Bakterienculturen ist dies sehr bequem. Auf andere neuere Verbesserungen des Einstellungsmechanismus werden wir erst bei Besprechung der Mikrophotographie zu sprechen kommen, da die Ansprüche der Mikrophotographen diese Verbesserungen anregten.

[1]) Man kann diese Protoplasmaströmung sehr schön beobachten, wenn man zarte Wurzelhaare vom Froschbiss (Hydrocharis morsus ranae) im Wasser ohne Deckglas unter das Mikroskop bringt und circa 250mal vergrössert. Eine eigenthümliche, vielleicht willkürliche Plasmabewegung zeigen die zum Thierreich gehörigen „Amöben", z. B. die im Teichschlamme lebende Pelomyxa palustris. Diese Bewegung zeigt sich in einem Vorschieben einer beliebigen Randpartie des Thierchens, welches sich als Schleimklümpchen darstellt, wodurch es scheinbar Füsse zu bekommen scheint (Pseudopodien). Bald strömt die Hauptmasse des Körpers nach und das Thier bewirkt seine Ortsveränderung durch Fortfliessen seines Körperinhaltes. Man nennt diese sehr langsame, aber sehr charakteristische Bewegung „amöboidale". Derselben begegnet der Mikroskopiker sehr häufig. Auch die weissen Blutkörperchen (Leucocyten) weisen eine solche Bewegung durch Pseudopodien auf.

[2]) Auf S. 27 seiner Abhandlung „Entstehung und Fermentwirkung der Bakterien" (Marburg, Elwert'sche Verlagsbuchhandlung, 1884).

Lane'schen Leidnerflasche[1]) zu beleuchten, während ein flimmerndes Object auf dem Objecttisch liegt, und hoffte nach demselben Principe, nach welchem bei der Beleuchtung durch einen Blitz die Speichen eines sich rasch drehenden Rades still zu stehen scheinen und deutlich erkennbar sind, auch die schwingenden Cilien zu deutlicher Anschauung zu bringen, doch es gelingt nicht, die Flimmerhaare einzeln zu unterscheiden, weil die durch die intermittirenden Funken bewirkte blendend grelle und ungleichmässige Beleuchtung, auch wenn man das mikroskopische Sehfeld nach Dr. van Beck's Vorgange durch eine brennende, seitlich des Objectives gestellte Kerze anhaltend erhellt, nicht gerade die günstigsten Erkennbarkeitsverhältnisse bietet, welche nothwendig vorhanden sein müssen, um so feine Härchen, wie es die Flimmerhärchen sind, wahrzunehmen. Meist beginnt das flimmernde Gewebe schon nach kurzer Zeit abzusterben und man kann dann die Schwingungen der Härchen wahrnehmen, freilich nicht in ihrer ursprünglichen Intensität. Purkinje und Valentin, welche schon vor vielen Jahren in gründlichster Weise die Wimperbewegung untersucht haben, unterschieden vier Varietäten des Flimmerspieles, die hakenförmige, trichterartige, schwankende und wellenförmige. Die erste Form galt für die bei weitem häufigste. Th. W. Engelmann wies nach, dass die unversehrte Wimperzelle stets eine wellenartige Bewegung zeigt und sich erst beim allmählichen Absterben, wenn die Cilien an einzelnen Stellen schon ihre Biegsamkeit verloren haben, die anderen Arten der Flimmerbewegung, welche somit als pathologische Formen betrachtet werden müssen, herausbilden.

Für den Praktiker werden derlei flimmernde Bewegungen freilich nicht annähernd jene Bedeutung haben, wie für den forschenden und lehrenden Biologen. Nichtsdestoweniger muss auch er sich mit allen Erscheinungen, die ihm bei seinen mikroskopischen Untersuchungen im Gesichtsfelde seines Instrumentes unterkommen könnten, vertraut machen, um das für ihn Wichtige vom Unwichtigen unterscheiden zu lernen.

Nachdem nun das Wichtigste über die dem Anfänger fremdartig erscheinenden Bewegungen gesagt wurde, kann auf die Behelfe, welche man bei praktischen Zwecken dienenden Untersuchungen lebender Objecte anzuwenden pflegt, eingegangen werden. Ich muss hier Folgendes hervorheben:

Für die meisten der mikroskopischen Beobachtung zu unterziehenden Objecte ist es eine wichtige Bedingung ihrer Lebensthätigkeit, sie in demselben Medium, in welchem sie leben, zu betrachten, sei dies nun Luft oder Wasser, und unbeschadet ihrer Festhaltung im Gesichtsfelde des Mikroskopes ihnen denn doch so viel Freiheit der Bewegung zu sichern, dass keine Lähmung der eben zu beobachtenden Lebensfunctionen eintritt. Einige Beispiele werden dies in diesem Leitfaden am besten zu versinnlichen vermögen, und muss es dann der Findigkeit des geehrten Lesers überlassen bleiben, sich nach den gegebenen Beispielen auch für andere Fälle die nothwendigen Behelfe zuzurichten.

Am leichtesten zu beobachten sind wohl grössere, mit freiem Auge sichtbare Objecte, wie z. B. die parasitischen Insecten, die Flöhe, Läuse, Milben, Rebläuse, Sct. José-Schildläuse, von welchen den Praktiker freilich nicht alle Species gleich interessiren dürften. Der Thierarzt, der Untersucher von Nahrungsmitteln, der Gärtner wird die auf sein Fach Bezug habenden thierischen Parasiten gewiss zunächst lebend beobachten wollen, so wie er sie ja am untersuchten Object lebend vorfindet. Hier ist für den Praktiker als Vorübung die Beobachtung des ihn sonst (vom Fachstandpunkte aus) wenig oder gar nicht interessirenden Flohes (Pulex irritans) sehr zu empfehlen,

[1]) Geladen wird dieser Apparat mittelst einer gewöhnlichen Reibungselektrisirmaschine.

weil er erstens überall leicht zu haben ist und weil zweitens seine Behandlung wegen der Behendigkeit, die ihm eigen ist, nicht zu leicht fällt, also eine gute Uebung und Geduldprobe bildet.

Früher hatte man für derlei Fälle mehr weniger complicirte Vorrichtungen im Gebrauch, wie solche noch heute grösseren englischen Mikroskopen beigegeben zu werden pflegen und welche im Wesentlichen aus einer kleinen flachen, unten offenen Messingbüchse mit einem doppelten Glasdeckel bestehen, wobei sich der eine Deckel dem anderen mittelst eines feingeschnittenen Schraubengewindes nähern oder von ihm entfernen lässt.

Bringt man nun ein kleines Thierchen, z. B. einen Floh, mittelst einer Pincette (federndes Zängelchen mit feinen Spitzen) zwischen beide Glasdeckel und schraubt selbe zusammen, so ist es klar, dass man das Thierchen durch sanften Druck festzuhalten und so sammt der Büchse über die Oeffnung des Mikroskoptisches zu bringen und längere Zeit lebend zu beobachten vermag, wobei der sanft regulirbare Druck dazu beiträgt, den Körper des Thierchens mehr in eine Ebene zu bringen, und es ermöglicht, bei recht kräftiger Durchleuchtung (alle Blenden entfernen, Hohlspiegel einstellen) in dem Thierchen nicht nur die Pulsation des statt eines Herzens fungirenden Rückengefässes wahrzunehmen, sondern auch die wurmförmige Bewegung des Darmes, die Verdauung, ja sogar den Umlauf der die Stelle des Blutes der Vertebraten vertretenden Ernährungssäfte längere Zeit zu beobachten.

Obgleich, wie wir gleich weiter unten sehen werden, durch ganz einfache Kunstgriffe und Vorrichtungen derlei Beobachtungen auch ohne Thierbüchsen unter den modernen Mikroskopen sich anstellen lassen, so können wir nicht umhin, zu bemerken, dass diese Thierbüchsen im Wesentlichen ein auch zu anderen Zwecken dienliches Hilfsinstrument des Mikroskopikers, ein sogenanntes Compressorium darstellen, d. i. einen Apparat, welcher es ermöglicht, auf mikroskopische Objecte einen regulirbaren Druck, eventuell auch während der Beobachtung, auszuüben. Solche Compressorien sind auch heute noch, wenn auch nicht gerade zum Festhalten lebender Thierchen, so doch anderweitig, wie wir später sehen werden, bei der mikroskopischen Fleischbeschau, ferner in der Histologie der Pflanzen behufs Abflachung zu beobachtender frischer Pflanzentheile, behufs Veranlassung der Berstung von mit zur Untersuchung bestimmtem Zellinhalte gefüllten grösseren Zellen u. dergl. im Gebrauche (wenn sie sich auch vielfach durch einfachere Hilfsmittel, etwa Drücken mittelst eines Skalpellstieles auf das an den beiden seitlichen Kanten mit je einer haardünnen Rolle Terpentinwachs oder dergl. unterlegte Deckglas ersetzen lassen), und wir wollen deshalb eines der Compressorien, nämlich das von Schacht erfundene, von F. E. Schulze verbesserte Hebelcompressorium betrachten.

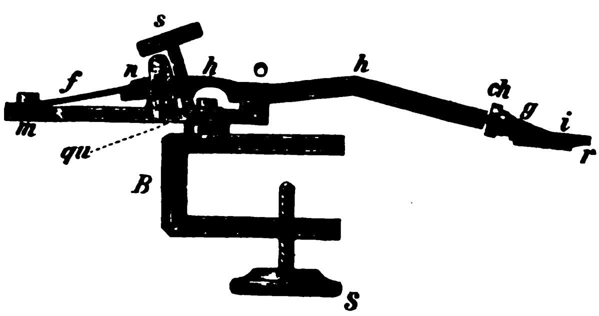


Fig. 219.

Fig. 219 veranschaulicht das Schacht-Schulze-sche Compressorium in ²/₃ natürlicher Grösse. *B* ist ein Messingbügel, mittelst welchen das Ganze seitlich an den Objecttisch eines Mikroskopes, zu dem das Instrument eigens angepasst werden muss, mit der Schraube *S* angeschraubt wird. Auf diesem Bügel ist das Hebeluntergestell *m* um den Drehpunkt *qu* in horizontaler Ebene mit leichter Reibung drehbar befestigt. In

dem Lager *o* des Hebelgestelles dreht sich der Hebel *h* in verticaler Ebene. An dem einen Ende des Hebels ist eine Nase *n* eingefeilt, an welcher die Feder *f* eingreift und dabei die Tendenz hat, *n* niederzudrücken, während die durch ein in den Hebel gebohrtes, mit Schraubenwindungen nach Art der Mikrometerschrauben versehenes Loch gehende Schraube *s* dem Druck der Feder *f* entweder nachgibt oder entgegenwirkt, je nachdem sie aus dem Loche des Hebels *h* herausgeschraubt oder tiefer hineingeschraubt wird, in welch letzterem Falle sich die kegelförmige Spitze der Schraube *s* gegen die Bodenplatte des Hebelgestelles *m* stemmt und so den Hebelarm *h* herabdrückt. Dieser Druck kommt nun auf dem Objecttische des Mikroskopes auf folgende Art zur Wirkung: In den Hebel *h* ist mittelst eines eigenthümlich construirten Zapfens bei *ch* eine halbringförmige Gabel *g* in einer auf die Ringebene senkrechten Ebene drehbar eingelassen; in dieser Gabel hängt der Ring *r* derart, dass er bei *i* zwischen den Spitzen zweier Schrauben schwebt und sich in der Ringebene der Gabel *g* leicht dreht, jedoch womöglich derart ausbalancirt ist, dass die Ebene des Ringes die Tendenz hat, sich stets horizontal, also mit der Fläche des Objecttisches parallel zu stellen (stabiles Gleichgewicht wie bei einem Waagebalken).

Bringt man nun unter den Ring *r*, welcher über die Oeffnung des Objecttisches zu liegen kommt, einen Objectträger mit dem Object, welches comprimirt werden soll, und darüber ein grosses Deckglas und schraubt nun die Schraube *s* tiefer, so wird der Hebelarm *n* zwischen den Führungen *p* sich heben, der Hebelarm *h* dagegen mit der Gabel *g* sich senken und gegen das Deckglas gepresst werden, wodurch das Object zwischen Deckglas und Objectträger einem variablen, durch die Schraube *s* regulirbaren Druck ausgesetzt wird.

Um nun dieses Schacht-Schulze'sche Compressorium zur Beobachtung eines lebenden Thierchens anwenden zu können, ist es gut, anstatt des offenen Ringes *r* einen solchen zu benützen, auf welchem unten ein grosses, rundes Deckglas von 0·2—0·3 *mm* Dicke aufgekittet ist, indem dann beim Lüften der Schraube *s* die Feder *f* den Ring *r* sammt dem Deckglas hebt und den Druck exacter mildert, als wenn ein freiliegendes Deckglas und ein offener Ring im Compressorium zur Anwendung kommen. Wenn man nun einen lebendigen Floh mittelst dieses Compressoriums beobachten will, erfasst man ihn vorsichtig mit der Pincette, eventuell mit Hilfe einer Loupe an einem der Sprungfüsse (am Oberschenkel, weil sonst der Fuss ausreisst) und bringt ihn in ein Gefäss mit destillirtem Wasser, worin man ihn untertaucht und dann loslässt; er wird dann an der Oberfläche schwimmen. Nun befestigt man einen Objectträger mit den Objectklammern auf dem Objecttische und schraubt[1]) das Compressorium links, seitlich an, regulirt die Schraube *s* so lange, bis der Ring *r* blos 3 *mm* vom Objectträger entfernt ist, und bringt den Floh mit der Pincette rasch über die Tischöffnung des Objectträgers, wobei ein winziges Tröpfchen Aq. dest. mit übertragen wird, welches eben den Floh hindert, sogleich wegzuspringen. Nun wird das Compressorium rasch niedergeschraubt, bis das Wassertröpfchen, welches mit dem Floh übertragen wurde, sich rings um den Floh abflacht. Es wird nun das Wasser bald verdunsten und dennoch der Floh festgehalten. Den Druck herauszufinden, welcher die Beobachtung ermöglicht — ohne den Floh zu tödten — ist Sache der Uebung. Beobachtet wird mit schwachen Ocularen (1 oder 2) und schwächeren Systemen, z. B. Reichert's, Merker's oder Ebeling's 3 oder 4; nimmt

[1]) In Folge der Nothwendigkeit des Anschraubens passt ein solches Compressorium nicht für jedes Mikroskop. Ich liess deshalb die Drehung *qu* (Fig. 219) auf einer durchbohrten Messingplatte anbringen und erhielt so ein Compressorium, welches auf jedem Objecttisch moderner Mikroskope Platz findet. Der Objectträger kommt auf die Messingplatte.

man stärkere Systeme, so muss man, um den Insectenkörper genügend zu durchleuchten, einen Condensor (Abbé'schen Beleuchtungs-Apparat) einschalten und eine weite Blende einsetzen, resp. die Irisblende blos so weit verengern, dass unbeschadet hinlänglich scharfer Contourirung die Farben des Objectes hell und klar hervortreten; der Anblick ist dann ein prächtiger. Beim Floh u. dergl. kann man sich diese naturwissenschaftliche Augenweide auch ohne Compressorium verschaffen (das Wie? wollen wir gleich besprechen). Bei manchen mittelgrossen Wasserwürmern, wie z. B. kleinen Blutegeln, Planarien, Distomen u. dergl. ist dagegen das Compressorium zur Beobachtung des Inneren am lebenden Thiere wohl kaum zu entbehren. Die Lebenszähigkeit genannter Thiere bürgt dafür, dass die Beobachtung erst nach vielen Stunden, ja Tagen, durch den Tod des Objectes unterbrochen wird, nur muss man bei Wasserwürmern fortwährend Wasser zwischen die Platten des Compressoriums leiten, was mittelst Streifen von Leinwand, Filtrirpapier u. dergl. leicht gelingt. Am einfachsten ist es, schon mit dem Objecte eine ziemliche Menge Wasser in das Compressorium zu bringen und dasselbe mittelst einer Pipette öfters zu erneuern, was wegen der capillaren Wirkung des durch das Deckglas und den Objectträger gebildeten Raumes leicht gelingt, wenn man an den Rand des Ringes *r* einen Tropfen aus der Pipette fliessen lässt. Es versteht sich von selbst, dass das Wasser, welches zur Feuchterhaltung des lebenden Objectes dient, derselben Oertlichkeit entstammen soll, der das beobachtete Wesen entnommen wurde, also z. B. bei einer einem Teiche entnommenen Planarie Wasser aus demselben Teiche.



Fig. 220.

Eine grosse und wichtige Rolle spielt das Compressorium in der mikroskopischen Fleischbeschau, besonders bei Untersuchung von Fleisch auf Trichinen. Bekanntlich sind die Trichinen Rundwürmer (Nematoden), welche insbesondere in den Muskeln von Ratten, Mäusen und Schweinen nicht gar zu selten zu finden sind. Da das Schweinefleisch ein beliebtes Nahrungsmittel der Menschen bildet, so interessirt den Praktiker vor Allem die Untersuchung des Schweinefleisches auf Trichinen. Wahrscheinlich sind die Wanderratten die Verschlepper der Trichinenkrankheit. 8—9 Percent jener Ratten und Mäuse, die Gelegenheit haben, Fleisch zu fressen, wie z. B. in der Nähe der Abdeckereien, sind trichinös. Werden sie nun von Schweinen gelegentlich gefressen, was erfahrungsgemäss vorkommt, so werden die Schweine trichinös. In den Schläuchen der Primitivmuskelfasern der Ratte oder Maus, die vom Schweine gefressen wird, finden sich Körperchen von dem Aussehen unter dem Mikroskope, wie Fig. 220 Nr. 1 *B*, welche Koch's Encyklopädie

der gesammten Thierheilkunde entnommen ist, zeigt. Sie bestehen aus einer kalkigen Hülle, in welcher die Trichine spiralig[1]) zusammengerollt liegt. Gelangt auch Fleisch mit solchen Körperchen in den Magen des Schweines, so wird die Kalkhülle der Trichinenkapsel vom Magensafte aufgelöst, die Trichine wird frei, gelangt in den Darmcanal und wird zur sogenannten geschlechtsreifen Darmtrichine. Es bilden sich Männchen und Weibchen heran, letztere in der Ueberzahl. Die Weibchen sehen aus wie Fig. 220 Nr. 1 *A*, die Männchen sind in ausgewachsenem Zustande 15 *mm* lang und haben am Leibesende zwei Zapfen (Haftorgane), wie dies Fig. 221 zeigt. Schon vor Ablauf des zweiten Tages nach der Einwanderung begatten die Männchen die Weibchen, und 6—7 Tage nach der Aufnahme der Muskeltrichine, welche sich in die Darmwand einbohrt, beginnt die Ausstossung der Brut, welche von dem Weibchen lebend geboren wird. Diese jungen Darmtrichinen sind am Mundende dicker, während ihre Eltern am Mundende dünner waren als am Hinterleibende. Die Zahl der Jungen eines einzigen Weibchens beläuft sich auf 1000—1600! Sogleich werden die jungen Darmtrichinen vom Lymphstrom erfasst und in das Hauptlymphgefäss, den Milchbrustgang geführt, von wo sie das Blut in die verschiedensten Körpertheile passiv hinschwemmt. Dass sie, wie man noch vor zehn Jahren glaubte, die Darmwand durchbohren und activ bis zu den Muskeln einwandern, ist neuerer Zeit durch sorgfältige Forschungen (Heitzmann) als nicht wahrscheinlich erkannt worden. Erst wenn sie in den Muskeln angelangt sind (am zehnten Tage nach dem Genusse des trichinösen Fleisches), wandern sie activ weiter, dringen in die Muskelfasern ein, und zwar besonders zahlreich dort, wo die Muskeln sehnig werden und sich an die Knochen ansetzen, weil hier der Wanderung durch das feste Material ein Ziel gesetzt wird. Hier reagirt der lebende Thierkörper gegen den Schmarotzer so wie gegen jeden anderen Fremdkörper. Die Muskelfasern trüben sich, es entstehen unzählige Entzündungsherde und die Primitivfibrillen der Muskeln ziehen sich, auf den Reiz reflectorisch reagirend, um den Fremdkörper, also hier die Muskeltrichinen, zusammen. Die Trichinen suchen sich ihrerseits dieser Umschnürung durch die Muskelfasern zu erwehren. Sie krümmen sich mit dem Mundende nach einwärts, rollen sich spiralig zusammen und drängen die Muskelfasern zur Seite. Um sie herum entsteht ein spindelförmiger Raum.

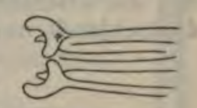


Fig. 221.

Die Blutgefässe, die die Muskeln ernähren, bilden nun um die Trichine herum Seitenbahnen (wie man sich zu wissenschaftlichen Zwecken durch Injection der Blutgefässe trichinöser Thiere überzeugt hat), welche sich zu den Kapseln verdichten. Solche Trichinen nennt man eingekapselte Muskeltrichinen. Der Körper scheidet nun kohlensauren Kalk an die Kapselwände ab, und nach 15—16 Monaten sind die Kapseln vollkommen verkalkt. Bis zu dieser Zeit sind die Trichinen an Schnittpräparaten auch dann in der Kapsel zu sehen, wenn die Schnittebene keine Kapsel getroffen hat. Fig. 222 zeigt diese Kapseltrichinen vor der Verkalkung, Fig. 223 dieselben nach der Verkalkung stark vergrössert.

Isst nun ein Mensch Schweinefleisch, welches mit lebenden Muskeltrichinen durchsetzt ist — und sie vermögen oft Jahrzehnte in der Kalkhülle zu leben — so erfolgt im Menschen derselbe Vorgang, wie wir ihn bezüglich des vom Schweine gefressenen trichinenhältigen Fleisches ge-

[1]) Diese Spiralrollung ist für die Trichina spiralis charakteristisch. Die im Maulwurf vorkommende Spiroptera strumosa (Fig. 220 Nr. 2) ist ganz anders gerollt.

schildert haben, nur mit dem Unterschiede, dass beim Menschen durch die Reizung der Organe von der Einwanderung in die Eingeweide bis zur Einkapslung ungleich schwerere Erkrankungssymptome hervorgerufen werden als bei den Thieren. Auf diese Symptome, die leicht fälschlich den Verdacht auf Cholera, Ruhr, Typhus, Muskelrheumatismus, Gelenksentzündung etc. aufkommen lassen, können wir in diesem Leitfaden natürlich nicht eingehen. Wir wollen nur hervorheben, dass diese Gefährdung der menschlichen Gesundheit in vielen Ländern, besonders in Mittel- und Ostdeutschland, wo die Trichinenkrankheit ungleich häufiger vorkommt als z. B. in Westdeutschland und Oesterreich-Ungarn, die mikroskopische Fleisch-

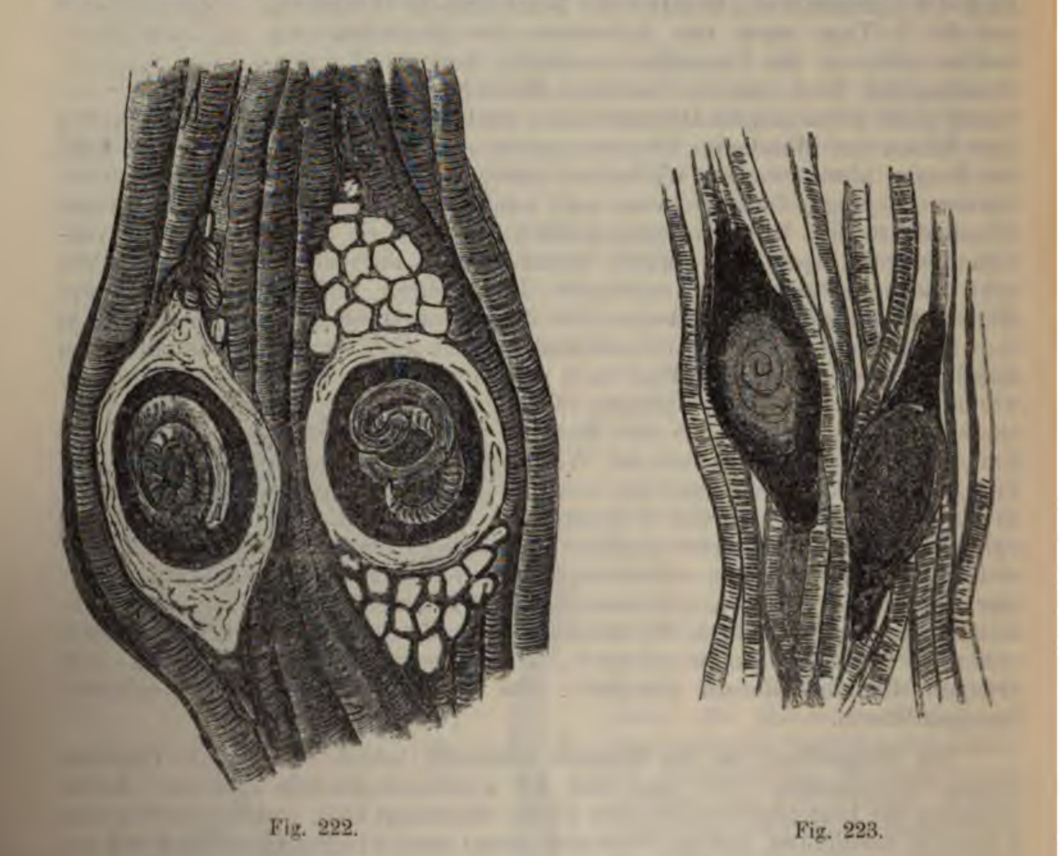


Fig. 222. Fig. 223.

beschau gesetzlich vorgeschrieben ist. Die Fleischbeschauer sind meist eprüfte Laien (das heisst in den wenigsten Fällen Aerzte oder Thierärzte), B. Uhrmacher, Lehrer, hie und da auch Droguisten. Selbst in den reichs-tschen Schlachthöfen sind geprüfte Trichinenschauer aus dem Laien-de angestellt, allerdings unter thierärztlicher Leitung. In Berlin hatte im Jahre 1886 der sogenannte Schlachthof 111 Trichinenschauer! ann sich denken, welches Material zu verarbeiten ist, wenn man bedenkt, den meisten Schlachthöfen aus jedem Schweine mindestens ben, und zwar je eine in Kirschengrösse vom Nierenzapfen („Zwerch-r“) oder vom Kronfleisch, vom Kehlkopf oder von der Zunge, vom eische und den Zwischenrippenmuskeln mit einem Probennehmermesser 24) der Längsrichtung der Muskelfasern entsprechend herausgeschnitten, zusammen in einer der Nummer des Schweines entsprechenden

numerirten Blechbüchse verwahrt, dann aus jeder Probe 6—9 (je nach den Vorschriften des betreffenden Landes) Fleischstückchen mit der Scheere (Rasirmesserschnitte würden nicht in so kurzer Zeit herzustellen sein) in Haferkorngrösse herauspräparirt und als Object genau unter dem Mikroskope untersucht werden müssen, so dass von jedem Schweine 24—36, ja nach manchen Localpolizeivorschriften Deutschlands gar 50 Präparate zu durchmustern sind! Ein geübter Fleischbeschauer braucht aber zur gewissenhaften Durchmusterung der 50 Präparate aus einem Schweine, die doch einer wirklichen Gesichtsfeldfläche von 50 cm^2 entsprechen, wenn er mit der schwachen, doch genügenden Vergrösserung von 30mal linear arbeitet, mindestens 20 Minuten Zeit.

Raschere Untersuchungen sind unverlässlich, da leicht eine Trichine übersehen werden kann. In 10 Stunden kann also ein Fleischbeschauer, der sehr geübt ist, höchstens 30 Schweine mikroskopisch auf Trichinen untersuchen und da muss ihm, was bei den ausserhalb des Schlachthofes vorgenommenen Schlachtungen nicht der Fall zu sein pflegt, ein Probeentnehmer die Probe bringen. Bei Hausschlachtungen muss sich nach den meisten Vorschriften der Trichinenschauer selbst die Probe holen, da er gelegentlich der Probeentnahme, wie dies im Königreich Preussen vorgeschriebeu erscheint, das Schweinefleisch makroskopisch, also mit blossem Auge auch auf Finnen zu besichtigen hat, und dann kann er wohl zum Mikroskopiren blos 8 Stunden verwenden. Es muss also jede zeitraubende umständliche Präparation vermieden werden und es hat die Compression der zu untersuchenden Fleischproben einen Ersatz für feine Querschnitte geboten. Zu dieser Compression hat man verschiedene Compressorien construirt, theils zum Auflegen auf ein jedes schwach vergrösserndes, aber mit geräumigem Tische versehenes (sogenanntes „Trichinenmikroskop“) geeignet, theils mit einem derartigen Instrumente passend verbunden und dann meist mit einer einen beweglichen Objecttisch (vergl. oben § 44 auf S. 77 ff. dieses Leitfadens) ersetzenden mechanischen Vorrichtung versehen und es hat sich eine eigenartige, der Trichinenschau dienende mikroskopische Technik herausgebildet. Ein auf jedem Mikroskope mit grossem Objecttisch und schwachen Objectiven verwendbares Compressorium ist das Dr. Schädler'sche. Es besteht (Fig. 225) aus dem Objectträger *o*, welcher circa 4 *mm* dick und bei einer Breite von 45 *mm* 120 *mm* lang ist. Er besteht aus geschliffenem Spiegelglase und hat bei *b* Vertiefungen und Bohrungen eingeschliffen, welche die versenkten Schraubenbolzen *bb* aufnehmen. Als „Deckglas“, um das Ueberfliessen von Fleischsaft zu verhindern, dient eine etwas kleinere und blos 3 *mm* dicke Spiegelglasplatte *d*, durch deren Löcher sich die Bolzen *bb* durchstecken und mit den Schraubenmuttern *ss* anziehen lassen. Auf dem Objectträger ist meist eine Theilung in so viele, circa 1 cm^2 umfassende, nebeneinanderliegende Felder eingeritzt, als nach den Vorschriften des betreffenden Ortes Proben von einem Schweine zu entnehmen sind; auf unserer Abbildung z. B. 36. In jedes Feld kommt eine haferkorngrosse, mit Wasser durchtränkte Fleischprobe. Dann wird das Deckglas aufgesteckt und mit den Schrauben fest angezogen. Der Vorwurf, den weiland Dr. Hermann Hager dem Compressorium nach

Fig. 224.



Fig. 225.

Schädler macht, dass die Glasplatten in der Mitte sich biegen und die daselbst liegenden Präparate nicht genügend gedrückt werden, ist bei Verwendung so dicker, bei Vergrösserungen von 30—80mal, ja noch höheren, ganz gut verwendbarer Spiegelglasplatten hinfällig.

Ist der Tisch des Mikroskopes klein, so muss dasselbe, um nicht durch den Schatten des Compressoriums das Licht zu verlieren, zum Umlegen eingerichtet sein. Penkert erklärt das Einritzen von Linien in den Objectträger für unpraktisch, da diese Ritze sich mit allerlei Fleischfasern füllen und schwer reinigen lassen. Er zieht es vor, unter den Objectträger beim Auflegen der Fleischpräparate ein getheiltes Papierviereck zu legen und dieses sozusagen als Schablone zu benützen. Dies hat auch den Vortheil, dass man Schablonen mit verschiedener Theilung benützen kann. Da das Compressorium beim Durchmustern der Präparate, welches in Zickzacklinien entsprechend dem Gesichtsfelde, das man auf einmal übersieht, geschieht, auf dem Objecttische in einemfort verschoben wird, so wird schliesslich die Unterfläche des Objectträgers verkratzt. Dies kann man durch Aufkleben zweier Lederstreifen (mit „Syndetikon") auf die Unterfläche von *o—o* verhüten, oder indem man sich eines in Messingrahmen gefassten Objectträgers bedient, wie Messter in Berlin solche zur Trichinenschau anfertigt.

Aus Würsten entnimmt man nur weissliche oder hellrothgraue Fleischpartikeln, da nur das derart gefärbte Schweinefleisch, nicht auch das dunklere Rindfleisch Trichinen enthalten kann. Bei Schinken entnimmt man beim Knochen drei Proben, die in 18—36 Präparate zerschnitten werden. Ist das Selchfleisch trocken, so muss es in Essigsäure erweicht werden, wobei auch eine Aufhellung eintritt und die Kalksalze der Trichinenkapseln gelöst werden. Kalilauge empfehle ich nicht, da sie die Gläser des Compressoriums angreift und bald trübt. Glycerin muss sehr verdünnt sein (1 Glycerin, 3 Wasser), um nicht allzusehr aufzuhellen, was bei so schwachen Vergrösserungen die Structuren verwischt und die Contouren undeutlich macht. Fett kann durch Benzin oder Aether sulf. entfernt werden. Hat man die Präparate im Compressorium gequetscht, so wird dasselbe auf dem Objecttische aufgelegt, scharf auf das erste Feld eingestellt und nun planmässig in Zickzacklinien vom ersten bis zum letzten Felde am Objectiv vorübergeführt, damit ja keine Stelle dem Auge des Beobachters entgeht. Nach F. W. Rüffert erleichtert es das Durchmustern sehr, wenn man sich auf der Unterseite des Deckglases feine Linien einritzt (mit einem Schreibdiamanten geht es nicht gar schwer), welche soweit auseinander liegen, wie die diametral entgegengesetzten Punkte des Gesichtsfeldkreises. Bei 30facher Vergrösserung kann das Gesichtsfeld z. B. ungefähr 3·33 *mm* wirklichen Durchmesser haben, man ritzt dann die Linien 3 *mm* von einander ein, und zwar entweder längs der Langseite oder parallel der Breitseite des Compressoriums. Diese Linien sieht man mit dem Präparate gleichzeitig im Gesichtsfelde und sie dienen als Leitlinien bei der Zickzackbewegung des Compressoriums.

Auf alle Arten von Compressorienschrauben und Klammern hier einzugehen glaube ich nicht nothwendig zu haben, da im Uebrigen wie beim Schädler'schen Compressorium zu verfahren ist.

Anders liegt die Sache hinsichtlich derjenigen Compressorien, die mit dem Mikroskope verbunden sind. Eines der ältesten ist dasjenige nach Dr. Hermann Hager, welches jetzt Optiker Messter in Berlin-Westend zu sehr mässigem Preise offerirt. Die Fig. 226 zeigt deutlich das Instrument, welches eine für so schwache Vergrösserungen, wie sie die rationelle Trichinenschau anzuwenden pflegt, hinlänglich präcise Einstellung durch eine Mikrometerschraube an der Tubushülse hat. Ich lasse den verstorbenen Nestor

der Pharmacie Dr. Hermann Hager im Folgenden über sein Instrument selbst zu Worte kommen. Er schreibt: „Die Quetschvorrichtung besteht in einem Metallringe, welcher durch eine kräftige Metallfeder auf den Objecttisch aufgedrückt wird, aber durch einen hinter der Säule des Mikroskopgestells angebrachten Druckhebel gehoben werden kann. Zwischen zwei Objectgläsern werden fünf und mehr Fleischobjecte placirt, die Gläser zwischen den gehobenen Metallring und Objecttisch geschoben, der Metallring sanft niedergelassen etc. Das Verschieben der Objectgläser unter dem Objectiv geschieht unter gleichzeitigem Druck auf den Hebel.

Die Mikrometerschraube befindet sich, der Bequemlichkeit und Billigkeit halber, am Tubus selbst, welcher da, wo das Gewinde der Mikrometerschraube ist, von einem Metallringe, der nach Umständen enger oder weiter gestellt werden kann, gehalten wird. Diese eigenthümliche und auch sehr dauerhafte Vorrichtung erlaubt eine bequeme und sichere Einstellung."

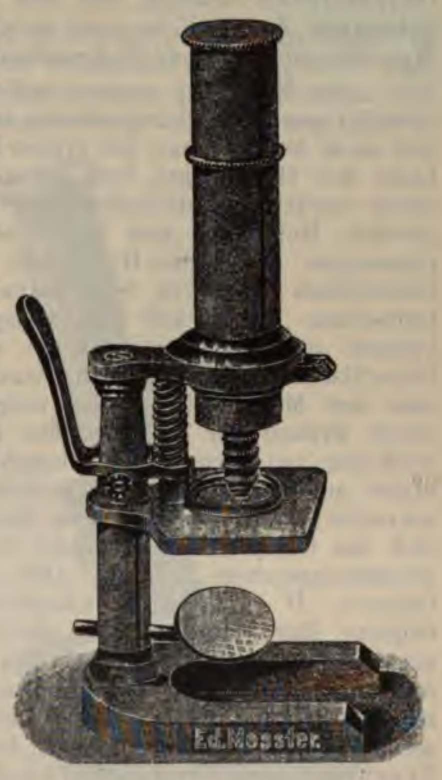


Fig. 226.

Um also damit zu arbeiten, bedarf man nur der gewöhnlichen englischen Objectträger, zwischen die man die haferkorngrossen Präparate auflegt und erst jedes Präparat unter dem Objectiv einer Compression unterzieht. Zu 50 Präparaten wird man allerdings wohl 10 Paar (also 20!) englische Objectträger brauchen!

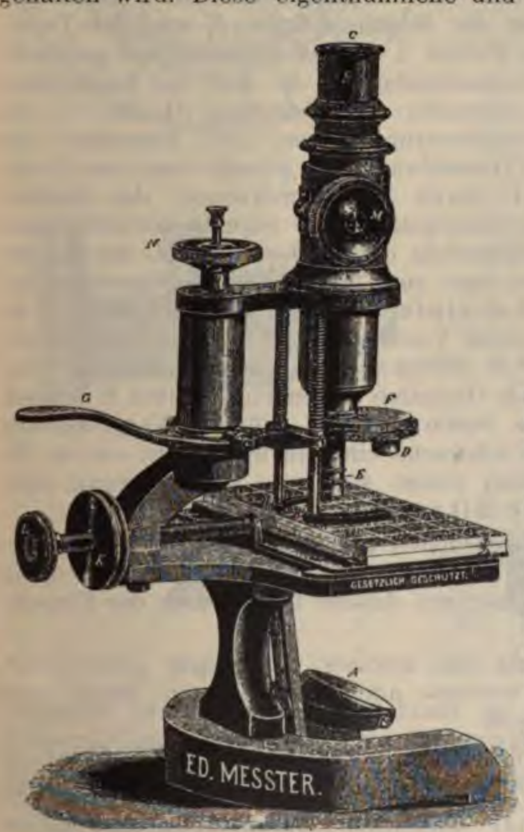


Fig. 227.

Diesem grossen Bedarf an Objectträgern beim Hager'schen Compressorium-Mikroskope hat nun Messter bei seinem neuen Compressorium-Mikroskope Nr. 8 abgeholfen. Fig. 227 zeigt das Instrument. Es hat grobe Einstellung mit Zahn und Trieb, feine durch Mikrometerschraube und einen Revolver für zwei Objective. Anstatt des Hager'schen Ringes drücken hier zwei Pratzen *H—H*

auf zwei Spiegelglasplatten, die hier viel dünner sein könnten, weil der Druck nur die Mitte trifft. Der Objectträger (die untere Platte) ist getheilt, wie üblich, und zwar in $4 \times 8 = 32$ Felder. Die Glasplatten sind auf einem beweglichen Objecttische befestigt, der sich mit einem einzigen Griffe durch die Schrauben L und K in zwei aufeinander senkrechten Ebenen bewegen lässt. Messter gibt folgende Gebrauchsanweisung:

„Das Mikroskop wird so auf den Tisch gestellt, dass das zu benützende Licht (Tages- oder Lampenlicht) in dem Spiegel A reflectirt werden kann, und zwar benützt man bei greller Beleuchtung den Plan- und bei schwachem Licht den Hohlspiegel. Von der unter dem Objecttische befindlichen drehbaren runden Blendscheibe wird eine entsprechende Blendenöffnung ausgewählt. Hebt man nun durch einen Druck auf den Hebel G das Compressorium H in die Höhe und stellt es mittelst des unter dem Hebel befindlichen drehbaren Sperrhakens fest, so ist der Druck, den das Compressorium sonst auf die Glasplatten ausübt, aufgehoben und diese können zur Aufnahme des zu untersuchenden Fleisches bequem vom Objecttische entfernt werden, was am zweckmässigsten geschieht, indem man den Metallschlitten, auf welchem die Glasplatten J^1 und J^2 ruhen, durch Drehen der Tischschraube L nach einer Seite ganz herausschraubt. Nachdem zwischen beide Glasplatten das zu untersuchende Fleisch geeignet angeordnet ist, wird mittelst der Mutterschraube K und der Triebschraube L die äussere Ecke des Feldes 1 in den Gesichtskreis gebracht und das Compressorium wieder heruntergelassen, so dass die Glasplatten zusammengepresst werden. Die schwache Vergrösserung (Ocular C mit Objectiv D = 50malige Linearvergrösserung) dient zum Absuchen der Objecte. Durch Rechtsdrehen der Triebschraube L gelangt man nun beobachtend bis zu Feld 8, bewegt durch eine Umdrehung der Mutterschraube K nach rechts die Compressorplatten um eine Gesichtsfeldbreite nach vorn und lässt nun durch Linksdrehen der Triebschraube L die Objecte weiter das Gesichtsfeld passiren, bis man zum letzten Feld angekommen ist. Erscheint nun bei diesem höchst einfachen und bequemen Durchsuchen dem Beobachtenden etwas Verdächtiges im Gesichtsfelde, so wird das schärfere Objectiv E (300malige Linearvergrösserung) eingeschaltet, indem man den beide Objective tragenden Revolver F einfach umdreht. Hat man die verdächtige Stelle mit der scharfen Vergrösserung geprüft, so schaltet man wieder die schwache ein und untersucht weiter. Da die Objective an dem Revolver genau justirt sind, so genügt eine einmalige Einstellung mittelst der Mikrometerschraube.

Bei diesem systematischen Durchsuchen der Präparate ist das Uebersehen auch nur einer Trichine gänzlich ausgeschlossen und kann auch der nicht geübte Fleischbeschauer mit diesem Instrumente die Fleischschau gewissenhaft ausüben."

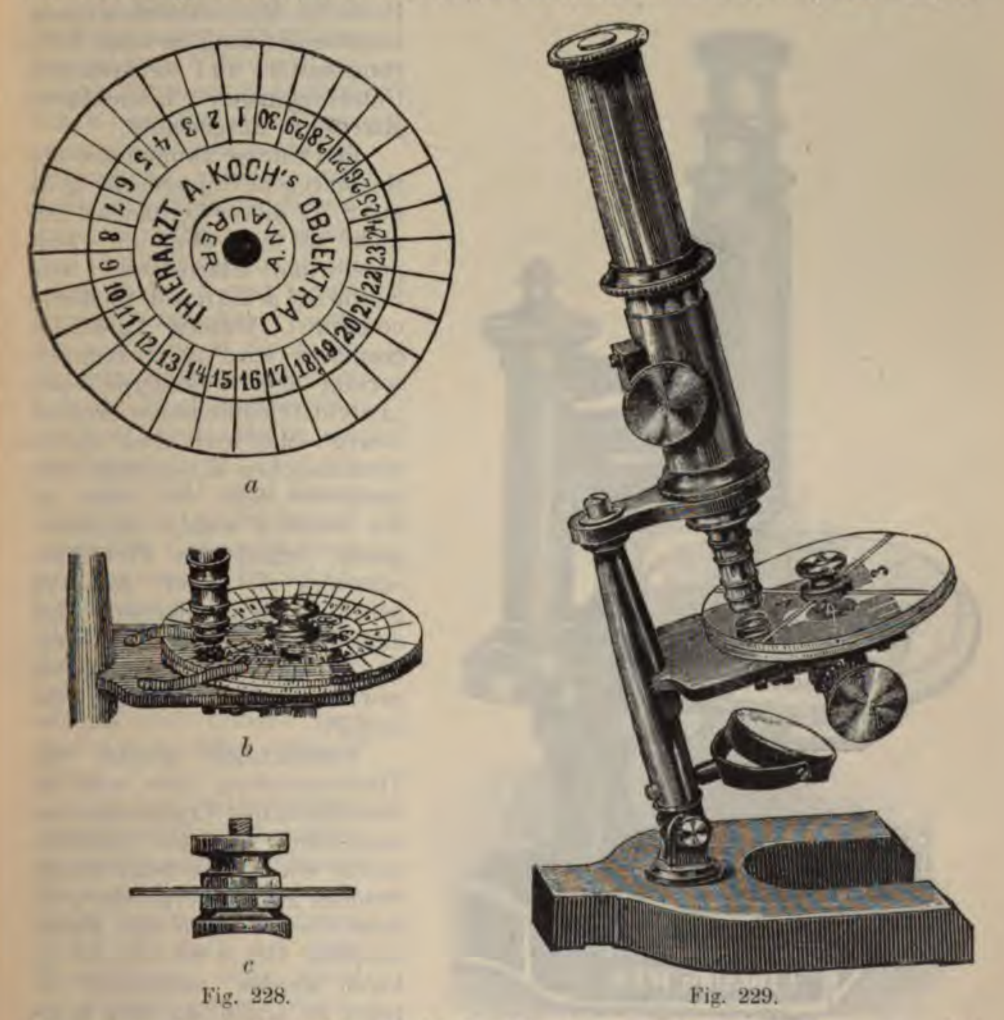
Auf anderen Principien beruht das weniger complicirte „Revolvertrichinoskop" von Wächter, welches auch Schieck in Berlin und neuerdings Ebeling in Wien fertigen.

Schon im Jahre 1878 hat der k. k. Bezirksthierarzt Alois Koch in Wien ein Trichinenobjectrad, also ein Compressorium in runder Form, construiren lassen.

Fig. 228 zeigt dieses „Objectrad", und zwar *a* von oben gesehen, *b* am Mikroskope angebracht, *c* zeigt die Schraubenvorrichtung, welche die Spiegelglasplatten central comprimirt. Koch's Objectrad hat eine Theilung in 30 Felder, welche numerirt sind, und kann man, wenn man bei 1 zu drehen anfängt, kein Feld übersehen. Leider müssten die Felder, damit man,

ohne die aus freier Hand nicht leichte Verschiebung des Ganzen vornehmen zu müssen, kein Stückchen des einzelnen Feldes bei etwa 30facher Vergrösserung übersehen könnte, kaum $3^1/_2$ *mm* lang sein, was nicht leicht durchführbar ist.

P. Wächter in Berlin und nach ihm Schieck theilten das Objectrad in blos vier Sectoren. Jeder Sector hat 12·5 cm^2 Fläche und soll Platz für die Präparate aus je einem Schweine bieten. Da nach neueren Untersuchungen von Dr. Hertwig, Director der städtischen Fleischbeschau in Berlin, zur sicheren



a *b* *c*

Fig. 228. Fig. 229.

Diagnose, ob ein Schwein trichinös ist oder nicht, die Proben von drei Körperstellen: Zwerchfellpfeiler (Nierenzapfen), Zungenmuskeln und Zwerchfell genügen, so könnten in jedem Sector vier Präparate von jeder der erwähnten Körperstellen comprimirt werden, also zwölf Präparate Platz finden, welche einem Schweine entstammen. Dies entspricht aber leider nicht den noch vorhandenen Vorschriften, welche mehr Präparate verlangen.

Benützt man aber wie bei dem Schädler'schen Compressorium das Ganze (alle vier Sectoren) zur Untersuchung eines Schweines, so können bequem 32 Präparate Platz finden. Ein Zahn und Trieb führt das Compressorium senkrecht auf die Drehungscurve des Objectrades durch das Gesichtsfeld.

Jede Umdrehung wird durch Einspringen eines federnden Zapfe
Nach jeder Umdrehung dreht man am Triebe und lässt das Ganz
der Gesichtsfeldgrösse, um zwei oder drei Zähne nach vorne rüc

Wächter machte sein Mikroskop umlegbar, ebenso Schie
Schattenwirkung der Scheiben auf den Spiegel zu paralysiren.
welcher das Compressoriumrad sammt Triebbewegung auch als Ne
zu jedem Mikroskope mit grossem Objecttische und genügende
des Spiegels von der Tischplatte liefert (Preis 20 *K*), hat dami
Roberval-Mikromete
versehenes, auch zu
rungsmittel- und t
Untersuchungen b
Mikroskop ausgestat

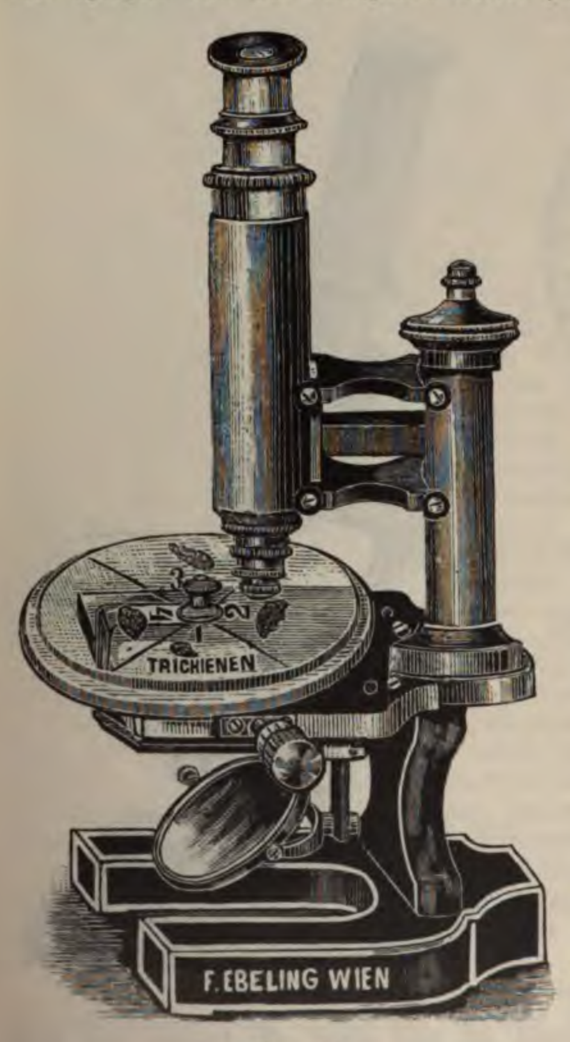


Fig. 230.

Im Principe ähnl
Reichert'sche Object
auf S. 77 dieses Leit
nicht so fein, sind
pressorium - Mikrosk
Schmidt & Hänsc
construirt. Mittelst
grammes wird das
sorium des Tesc
„Patent-Trichinenmi
bewegt. Man wirft a
mechanischen Hilfsm
berufener Seite vor
die ohnehin wenig
gende Arbeit des
schauers zu einer
geisttödtenden ma
auch nicht immer bes
da schon der Mechan
gewisse Aufmerksa
sorbirt.

Thatsächlich g
Trichinenschau, fal
Schädler'sches Com
anwendet, für de
schon ein Präpari
welches 20fach verg
dann die Trichinen
skopiker sicher als
kannt werden, ums
jedes zu ärztlichen
ärztlichen oder t
Untersuchungen gee
kroskop. Baut eine Firma, wie z. B. Messter, eigene Trichinenm
so thut sie gut daran, ihnen einen festen Stand zu geben, damit
pressorium auf dem Objecttische eine sichere Führung hat, un
einem etwa 30—50mal (je nach dem Ocular) und einem 150—25
grössernden Objectivsatze, der für sehr dicke Deckgläser schon
fertigen corrigirt werden sollte, und einem gut justirten Revolve
Objective zu versehen.

Der leichteren Anbringung des Revolvers wegen ist ein feinge

Zahn und Trieb als Einstellvorrichtung einer Tubusschiebung und Mikrometerschraube vorzuziehen. Vortrefflich eignet sich ein Stativ, wie Fig. 5 auf S. 14, und noch besser ein solches, wie Fig. 24 auf S. 49 unseres Leitfadens zeigt, zur Trichinenschau. Das Berliner Schlachthofmikroskop ist dagegen bemerkenswertherweise ein Stativ mit Tubusschiebung und Mikrometerschraube ohne Revolver mit nur einem Objectiv von 50facher Vergrösserung, welche sich durch Ausziehen des Tubus auf seine doppelte Länge zu einer solchen von 100mal linear steigern lässt.

C. Reichert in Wien verfertigt unter der Katalogbezeichnung VII aa ein zur Aufnahme eines Schädler-schen oder ähnlichen Compressoriums geeignetes billiges Stativ, versehen mit Zahn und Trieb und Mikrometerschraube am Tische, und verkauft es, mit einem Objectiv Nr. 3 und einem Ocular versehen, zum Preise von 64 *K*. Es ist im neuesten Katalog ausdrücklich als „Trichinoskop" bezeichnet und sehr exact gearbeitet.

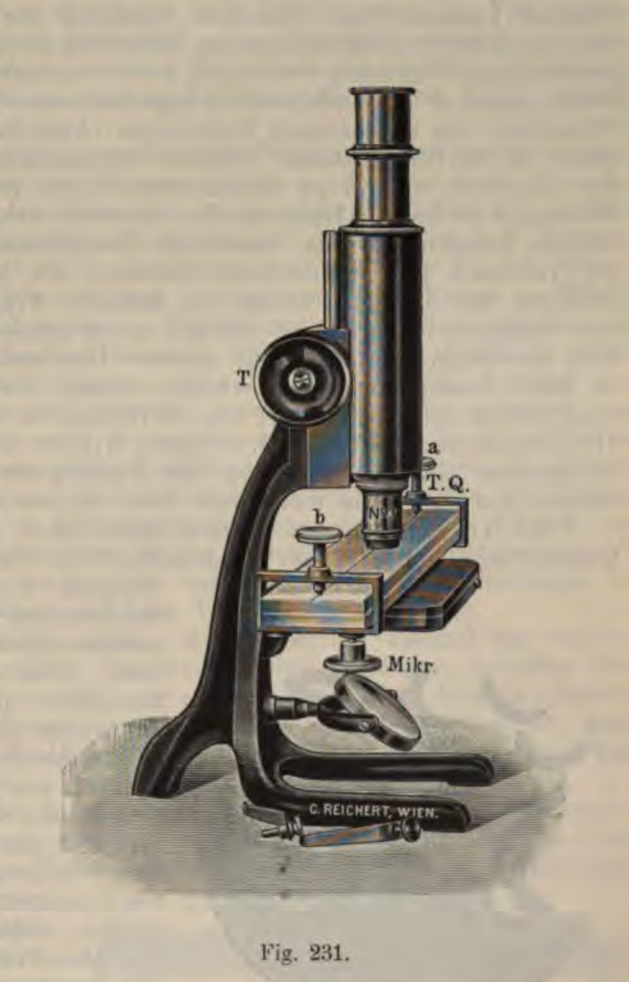


Fig. 231.

Fig. 231 zeigt dieses Stativ sammt einem darauf-liegenden Compressorium, welches vor dem Dr. Schädler'schen den Vortheil voraus hat, dass ungebohrte Spiegelglasplatten zur Verwendung kommen können, welche viel billiger sind und sich leichter reinigen lassen.

Zu dem Instrumentenbedarf des Fleischbeschauers gehört auch eine kleine Harpune, das heisst eine in einen festen Griff gefasste Nadel, die nach Art eines Angelhakens oder einer Häkelnadel einen Widerhaken an ihrer Spitze trägt. Wenn man diese Nadel in den Körper eines etwa zu untersuchenden lebenden Schweines einsticht, so bleibt beim Zurückziehen eine kleine Fleischprobe im Widerhaken hängen und gestattet die mikroskopische Untersuchung auf Trichinen. Uebrigens bedienen sich auch die Aerzte dieses Instrumentes, um bei trichinenverdächtigen Erkrankungen bei Menschen dem lebenden Körper Fleischproben zur mikroskopischen Untersuchung zu entnehmen. Auch aus ganzen Schinken etc. kann man mit der Harpune Proben entnehmen, ohne die Waare zu zerschneiden und dadurch zu entwerthen. Die zu solchen Waarenprobenentnahmen be-

stimmte Harpune soll sehr lang sein, damit man auch aus der Mitte von Untersuchungsobjecten Proben „herausstechen“ kann. Die Proben kommen dann in das Compressorium. Um zu sehen, ob die etwa gefundenen Würmchen lebensfähig sind, bringt man das Compressorium sammt den daran befindlichen Fleischproben auf einige Zeit in warmes Wasser (circa 40° C.). Nimmt man das Compressorium nach etwa 5—10 Minuten aus dem Wasser, wischt es rasch ab und untersucht unter dem Mikroskope, so werden lebensfähige Trichinen sofort durch ihre eigenthümlichen Bewegungen, abwechselnde Streckungen und Zusammenziehungen auffallen. Es können zufällig andere Kleinwürmer (Nematoden), wie z. B. Essig- oder Kleisterälchen, in das Präparat kommen, was besonders bezüglich der ersteren leicht geschehen kann, wenn die Fleischbeschauer zur Aufhellung des Präparates anstatt Essigsäure gewöhnlichen Tafelessig verwenden. Im besten Tafelessig kommen nämlich zuweilen, wenn er lange offen oder mangelhaft verschlossen gestanden hat, kleine Würmchen, die sogenannten Essigälchen (Anguillula aceti) vor, welche aber schon im kalten Zustande lebhafte Bewegungen zeigen und dadurch von den Trichinen sofort zu unterscheiden sind. Auch wenn etwa irgend ein Wurstsalat (Wurst in Essig und Oel) als trichinenverdächtig zur Untersuchung vorliegt, können mit dem Speiseessig Essigälchen auf das Fleisch kommen. Die Trichinen liegen aber stets innerhalb der Musculatur, die Essigälchen natürlich nur auf oder neben den Muskeln. Freilich ist dies besonders für den Anfänger nicht gar so einfach zu unterscheiden, wenn man bedenkt, dass die Compressorien behufs genauer Durchmusterung von Fleischproben so stark zusammengezogen werden müssen, dass man, wenn man das Compressorium etwa auf ein Zeitungsblatt legt, den Druck durch die zusammengepressten Proben hindurch lesen kann! Es können da nämlich die Essigälchen in die Fleischproben förmlich hineingepresst werden und sind dann meist auch todt, so dass sie sich nicht bewegen.

Mit Trichinenkapseln können aber auch vom Fleischbeschauer die Miescher'schen oder Rainey'schen Körperchen (Psorospermienschläuche) verwechselt werden, die Dr. Kühn für Schleimpilze hielt, welche jedoch nach neuerer Ansicht Protozoen (Sarcosporidien), also Verwandte der Malariacoccidien und der Hühnergregarinen sind, ohne dass man jedoch schädliche Wirkungen ihrer Sichelkeime, die ausgedrückt und als Deckglastrockenpräparat gefärbt und stark vergrössert sich, wie Fig. 232 (nach Kitt) zeigt, darstellen, also von einem Fachmikroskopiker von den Trichinen leicht unterschieden werden dürften, sicher nachzuweisen im Stande war. Dem Praktiker dagegen werden auch die sogenannten „Pseudotrichinen“, das sind verschiedene Rundwürmer, die im Fleische der Hechte, Maulwürfe, Katzen u. s. w. leben, kein Kopfzerbrechen machen, weil sie im Schweinefleische nicht vorkommen. Wir können sie also hier übergehen. Auch auf die Guanineinlagerungen, die Actinomycespilzwucherungen, die Finnen u. dergl., die dem Trichinenschauer im Fleische unterkommen, kann hier nicht eingegangen werden. Nur weil die Trichinenschau eine eigene Technik gezeitigt hat, mit raffinirten Hilfsmitteln, die überdies eine unglaubliche, zum Theile bis in die entlegensten Dörfer der Culturstaaten reichende



Fig. 232

Verbreitung gefunden haben, habe ich ihr in diesem Leitfaden einen solchen breiten Raum gegönnt, denn wer diesen Leitfaden studirt hat, soll nicht etwa gegenüber einem Hager'schen Compressorium-Mikroskope, welches in Deutschland sehr verbreitet ist, erstaunt fragen müssen, was für ein Mikroskop dies sei und sich vielleicht vor einem die Trichinenschau betreibenden Dorfuhrmacher eine Blösse geben. Die mikroskopische Fleischbeschau ist schliesslich für den Arzt, den Thierarzt und den Nahrungsmitteluntersucher gleich wichtig und verweisen wir auf nachstehende Special-Leitfäden, die zum Theile in voriger Darstellung mitbenützt wurden: „Praktische Anleitung zur Trichinenschau" von Dr. R. Long und M. Preusse, Berlin 1898; dann „Leitfaden der praktischen Fleischbeschau" von Kreisthierarzt F. Fischoeder, 2. Aufl.; Johne's berühmtes Werkchen „Der Trichinenschauer" (zu beziehen durch Richard Schwetze in Berlin NW. Louisenstrasse 36), schliesslich den „Katechismus der mikroskopischen Fleischbeschau" von F. W. Rüffert (bei J. J. Weber in Leipzig).

Ein Quellenwerk zur Belehrung über die Trichinose und andere Krankheiten, die durch schmarotzende Würmer erregt werden, ist Prof. R. Leukart's berühmtes Buch „Die Parasiten des Menschen" und seine „Untersuchungen über Trichina spiralis", beide erschienen in Leipzig bei C. F. Winter. Lesenswerth ist auch der Artikel „Trichinenschau" in Alois Koch's Encyklopädie der gesammten Thierheilkunde (Verlag von Moriz Perles in Wien) von Prof. Dr. Anacker in Lüneburg. Die mikroskopische Fleischbeschau in streng wissenschaftlichem Sinne beschränkt sich nicht auf thierische Parasiten und grössere Pilzwucherungen (wie Actinomyces bovis), sondern erfordert auch Untersuchung auf Bakterien, was wir hier nur nebenbei erwähnen. Man kann Schnitte oder Deckglastrockenpräparate des Fleischsaftes färben, welche Methoden wir ja im Vorigen beschrieben haben. Im später zu behandelnden Capitel über die Cultur der Bakterien werden wir sehen, wie üppig viele Bakterien im Fleischsafte gedeihen. Im Artikel „Fleisch" in Dr. Otto Dammer's prachtvollem Werke „Lexikon der Verfälschungen" finden sich die Bakterien, die bei der bakteriologischen Fleischbeschau in Betracht kommen, beschrieben und zum Theile auch abgebildet.

Nach dieser Abschweifung kehren wir wieder zur Technik der mikroskopischen Beobachtung anderer, mit freiem Auge sichtbarer, lebender Objecte, z. B. kleiner Insecten, zurück, und wir bemerken hier, dass die Lebendbeobachtung mittelst des Compressoriums oft zu wenig schonend ist, dass durch sie sehr viele lebende Objecte leiden, indem der Druck die Integrität des Organismus schädigt.

Doch auch hier hat die mikroskopische Technik einfache Vorrichtungen geschaffen, die es ermöglichen, auch sehr druckempfindliche Thierchen bei voller Integrität lebend unter dem Mikroskope zu beobachten. So kann man eine Käsemilbe aus altem, trockenem Käse (wir wählen eine solche, da sie in allen Breitegraden der bewohnten Erde leicht zu beschaffen ist) mittelst eines hohlgeschliffenen Objectträgers, wie solche auch zur Beobachtung und Aufbewahrung feuchter Objecte angefertigt werden und in allen Handlungen mikroskopischer Utensilien (z. B. Siebert in Wien) zu haben sind, ohne

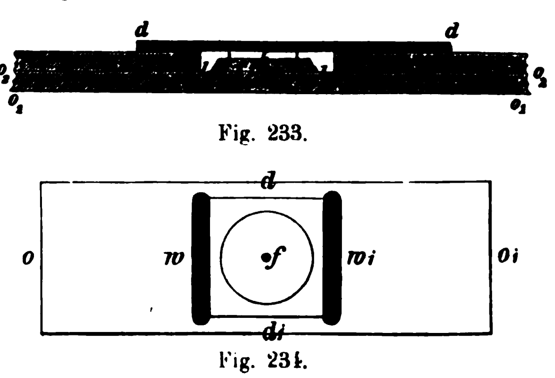


Fig. 233.

Fig. 234.

Anwendung eines Compressoriums stundenlang als lebendes mikroskopisches Präparat betrachten. Fig. 233 zeigt im Durchschnitt, Fig. 234 in der Aufsicht von oben die ganze Veranstaltung, welche sich natürlich auch für andere kleine Thierchen, nicht nur für die Käsemilbe eignet. *o—o* ist der hohlgeschliffene Objectträger, in dessen Höhlung bei *f* die Käsemilbe mittelst eines Haarpinsels eingebracht und sofort das Deckglas *d* darüber gedeckt wird. Ist das betreffende Thier nicht wie eine Käsemilbe klein, sondern grösser, z. B. irgend eine grössere Blattlaus, und der Hohlschliff seicht, so kann es leicht geschehen, dass sie zerdrückt wird; um dies zu verhindern, bringt man vor dem Auflegen des Deckglases bei w und w_1 Wülste von Terpentinwachs (etwa 1 *mm* dick) an und drückt nun das Deckglas sachte gegen die Wülste, bis das Insect an der tiefsten Stelle des Hohlschliffes festgehalten wird, dabei aber doch durch Zappeln seine Fähigkeit, sich zu bewegen, anzeigt. Das Klebwachs bei w und w_1 verhindert, dass das Thier das Deckglas d d_1 hebt und auch, dass es zu sehr gedrückt wird, während bei d und d_1 Luft genug zu ihm treten kann, um ihm das Athmen zu ermöglichen.

Einfacher wäre es, anstatt des Deckglases d_1 gleich einen zweiten Objectträger zum Zudecken zu verwenden, doch ist Verfasser dieses davon ab-

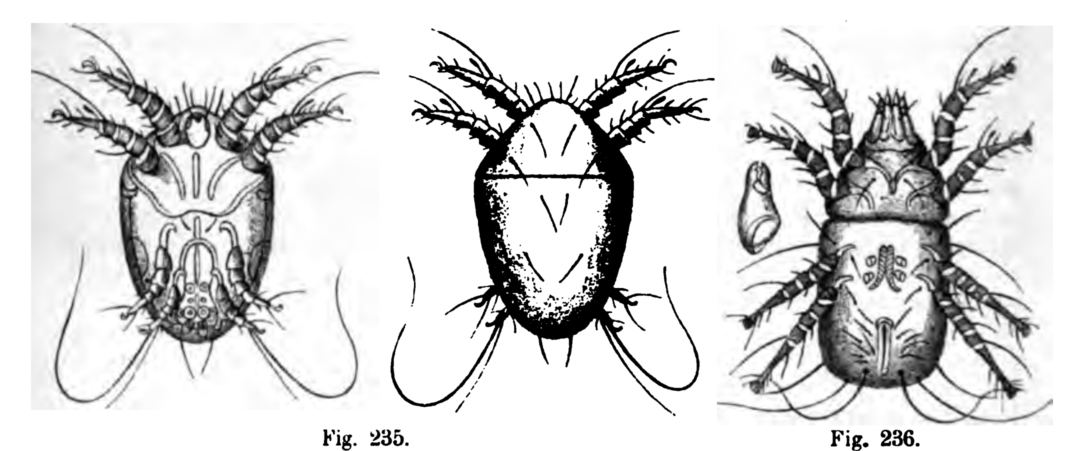


Fig. 235. Fig. 236.

gekommen, weil die Deckung mit Deckglas nicht viel mehr Schwierigkeiten macht, sich zur Beobachtung mit den stärksten Objectiven eignet (um z. B. die sogenannten Pipenverschlüsse in den Tracheen kleiner Insecten zu studiren) und es ermöglicht, das ganze Object gleich einem anderen fertigen Präparate zur Seite zu legen, das heisst vom Objecttisch zu entfernen und wieder auf denselben zu bringen, was bei zwei Objectträgern wegen ihrer Tendenz, sich aufeinander zu verschieben, nicht so leicht gelingt.

Auf ähnliche Weise lassen sich die trägen Schmarotzermilben, die den Thierarzt, und die Blattinsecten, die den Gärtner und Weinproducenten interessiren, mittelst eines angefeuchteten feinen Pinsels aufgreifen, in den hohlen Objectträger bringen und stundenlang lebend beobachten. Die Räudeformen der Hausthiere lassen sich blos mikroskopisch diagnosticiren (vergl. Kitt's prachtvolles Werk „Bakterienkunde und pathologische Mikroskopie", 4. Aufl., Wien 1903, bei Moriz Perles; M. H. F. Fürstenberg's „Die Krätzmilben des Menschen und der Thiere", 1861; Zürn's „Ueber Milben, welche Hautkrankheiten bei Hausthieren hervorrufen", Wien 1877, u. a. m.). Auf altem Käse leben die oben erwähnten Käsemilben (Tyroglyphus siro), welche wir als häufiges Vorkommniss dem Leser im Bilde (nach Megnin und Kitt) vorführen. Fig. 235 zeigt die Käsemilben-Jugendform von Rücken- und Bauchseite, Fig. 236 das ausgewachsene Thier.

Aehnliche Milben leben auf Obst, besonders auf altem, getrocknetem, ferner im dumpfigen Mehle, in altem Staubzucker etc. etc. Sie verunreinigen mit ihren Kothballen die Nahrungsmittel und sind letztere, wenn mit Milben behaftet, als ekelhaft vom Genusse auszuschliessen. Die beste Uebung zur Lebendbeobachtung kleiner Insecten bietet aber ein Floh, welcher in die in Fig. 234 abgebildete Vorrichtung mittelst einer feinen Pincette eingebracht und bei sehr starker Beleuchtung betrachtet werden kann.

Da dieser Leitfaden nicht zu einer Naturgeschichte mikroskopischer Objecte werden kann, sondern blos hie und da eine Form als Beispiel einer Anwendung der mikroskopischen Technik beschrieben und abgebildet werden kann, müssen wir es uns hier versagen, auf die formenreiche und zum Theile praktisch nicht unwichtige Welt mikroskopischer Insecten näher einzugehen.

Ehe ich zur Technik der Beobachtung mikroskopisch kleiner Wesen, welche in Flüssigkeiten leben, weiterschreite, kann ich es mir nicht versagen, ein „Paradepferd“ mikroskopischer Vorführungen, welches in keinem vollständigen Lehrbuch der Mikroskopie, sei es das populärste, wie z. B. Gustav Jäger's „Die Wunder der unsichtbaren Welt“, sei es ein streng wissenschaftliches, wie Frey's oftcitirtes Werk über das Mikroskop, fehlt, auch hier vorzuführen, nämlich die Beobachtung des Blutkreislaufes im lebenden Thiere. Praktisch von keinem Belang, sollten eigentlich diese nur vom Standpunkte des Forschers und Lehrers aus wichtigen Kunstgriffe in diesem für Praktiker bestimmten Leitfaden keinen Raum finden. Das eminent bildende Moment, welches jedoch diese Beobachtungen haben, lassen mich die gedachte Abweichung von dem Programme dieses Leitfadens, die auch den Praktiker in den Stand setzen will, sozusagen zur Hebung des Ansehens der mikroskopischen Technik, den Anblick des im lebenden Thierkörper strömenden Blutes sich und Anderen vorzuführen, nicht als eine Sünde gegen die Ziele, die ich mir gesetzt habe, empfinden. Man kann auch ohne Thierquälerei im eigentlichen Sinne des Wortes, ohne Vivisection sich den Anblick in Adern strömenden Blutes verschaffen, denn es lässt sich in den Schwanzflossen kleiner Fischchen, wie sie bei jedem grösseren Aquarienhändler zu haben sind oder von Knaben allenthalben unter dem Namen „Grundeln“, „Gründlinge“ u. s. w. gefangen zu werden pflegen und meist aus der Brut von „Plötzen“, „Rothfedern“, „Dobeln“, „Haseln“ und anderen minderwerthigen Fischen, welche unter dem Namen „Weissfische“ bekannt sind, bestehen, ebenso in Froschlarven der Blutkreislauf am lebenden Thiere beobachten, wenn man den Objecttisch mit einer Glasplatte bedeckt und das Fischchen oder die Kaulquappe, in einen schmalen, sehr nassen Flanellstreifen bis zum Schwanz locker eingewickelt, auf die Glasplatte legt,[1]) so dass der Schwanz über der Tischöffnung liegt. Auf die Kiemen tropft man recht oft aus einer Pipette Wasser. Man stellt nun mit einem System schwächerer Vergrösserung, z. B. Ebeling, Merker oder Reichert 3 oder 4 und mittlerem Ocular (2 oder 3) (Zeiss' *C* mit Ocular 3 oder Zeiss' Apochromat 8 *mm* mit Compensations-Ocular 6), auf die Aederchen, welche im Schwanze laufen, ein und wird das Blut und die Blutkörperchen durch die Canäle gleich Bächen, welche Gerölle mit sich führen, circuliren sehen. Am schönsten stellt sich der Blutkreislauf bei den Amphibien dar, schon deshalb, weil ihre Blutkörperchen sehr gross sind.

---

[1]) F. E. Schulze hat einen eigenen Objectträger zur längeren Beobachtung des Blutkreislaufes in kleinen Fischen, sowie Frosch- und Tritonenlarven construirt, der jedoch entbehrlich ist.

zu liegen kommt. Der Tisch wird mit einer passenden Glasplatte bedeckt und die Zehen des Frosches mittelst an dieselben gebundener Fäden, an welchen Gewehrkugeln aus Blei durch Einschneiden und Zusammenklopfen befestigt sind — auseinandergezogen und die Schwimmhaut auf diese Art in der zur Beobachtung nöthigen Spannung erhalten. Die Gewehrkugeln hängen an den Fäden über die Kanten der Glasplatte, mit welcher der Objecttisch bedeckt ist, herab und spannen die Schwimmhaut über die Oeffnung aus, gestatten jedoch eine gewisse freie Beweglichkeit und Verschiebbarkeit, welche dem Aufsuchen besonders schöner Stellen sehr zu statten kommt. Fig. 237 zeigt schematisch die Veranstaltung.

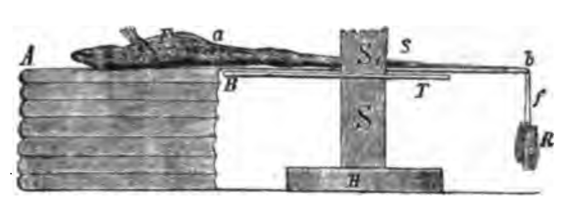


Fig. 237.

In Fig. 237 ist *A B* die Bücherlage, *T* der Tisch des Mikroskopes, auf welchem die Glasplatte *a b* liegt (S_1 ist die Schraubensäule des Mikroskopstatives, *S* die Fussäule, *H* das Hufeisen des Mikroskopes, mit dem der Blutkreislauf beobachtet wird). Der Faden *f* ist über die Kante *b* der Glasplatte durch das Projectil *R* gespannt und spannt seinerseits nebst den anderen drei (hier weggelassenen) Fäden die Schwimmhaut des Frosches. Uebrigens kommt man meist mit zwei Fäden f_2 und f_3 (Fig. 238) aus, welche den durchsichtigsten Schwimmhauttheil zwischen den zwei mittleren Zehen des Frosches — er hat deren vier — über der Objecttischöffnung auspannen. Wer ein mittleres Stativ besitzt, der kann sich mit Vortheil der in Fig. 239 abgebildeten Veranstaltung bedienen, welche namentlich bei Verwendung mittelgrosser Frösche den Vortheil bietet, dass man den Froschkörper und Alles, was drum und dran hängt, auf dem Mikroskoptische wie ein anderes Präparat verschieben oder ganz hinwegnehmen und wieder darauflegen kann, was namentlich bei curarisirten Fröschen, welche nach einer einmaligen Curarevergiftung 24 und mehr Stunden ruhig liegen bleiben (davon später), grosse Vortheile gewährt, da man einerseits die schönsten Stellen der Schwimmhaut heraussuchen, andererseits die Beobachtung unterbrechen, das Mikroskop nach Abnahme des Ganzen wieder zu anderen Beobachtungen verwenden und dann wieder die Blutkreislaufbeobachtung aufnehmen kann.

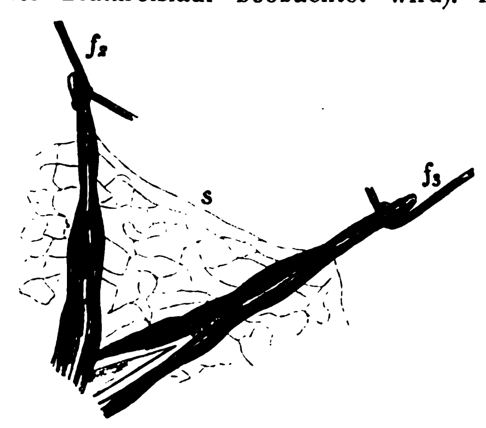


Fig. 238.

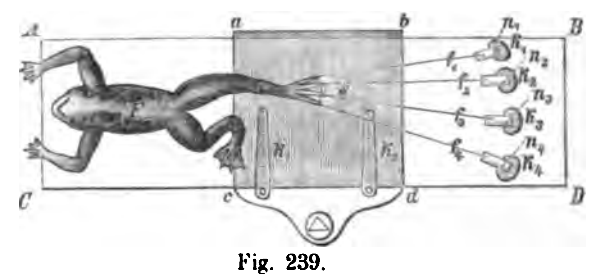


Fig. 239.

Zu diesem Behufe lässt man sich eine etwa 240 *mm* lange Glasplatte von der Breite des Mikroskoptisches anfertigen oder schneidet sich selbe selbst aus einem Stück reinen Solinfensterglases aus, legt sie (in Fig. 239 mit *A*, *B*, *C*, *D* bezeichnet) auf den Mikroskoptisch *a*, *b*, *c*, *d* so auf, dass rechts und links gleiche Theile

kröse lebender Frösche, und die in seinem Nachlasse gefundenen Mikroskope weisen besondere Vorrichtungen zum mechanischen Festhalten der bedauernswerthen Thiere auf. Er entdeckte übrigens am 15. August 1673 zu Delft die Blutkörperchen.

Die ohne Vivisection der Beobachtung zugängliche Schwimmhaut des Frosches hat nach Ranke der Physiologe Wilhelm Cowper als Normalobject gewählt, doch auch er bediente sich zum Festhalten des Frosches der Haken und Nadeln. Erst neuerer Zeit pflegte man das mechanische Festhalten des Frosches durch Anbringen desselben an ein Brettchen oder an eigene „Froschhalter“ zu bewirken. Wir können deren entbehren und reichen auch zum mechanischen Festhalten des Frosches mit der in Fig. 239 abgebildeten Glasplatte aus, wofern wir den Frosch in ein Säckchen aus fester Leinwand stecken, wie schon Harting empfahl, und zwar so, dass der Kopf des Frosches gegen den Boden des Säckchens gehalten wird. Das Säckchen muss am Rande wie ein Tabakbeutel zum Ziehen eingerichtet sein, und die Zugschnüre müssen aus festem Spagatgarn und mindestens je 60 *cm* lang sein. Man zieht das Säckchen so zusammen, dass nur der eine Schenkel mit dem zu beobachtenden Fuss aus ihm heraussteht, knüpft sodann die Zugschnüre in einfachem Knoten zu und benützt die restirenden Enden dazu, um nun den zappelnden Frosch, dessen Schenkel man festhalten muss, damit er ihn nicht in das Säckchen hineinzieht, an der Glasplatte, dort, wo in Fig. 239 der curarisirte oder narkotisirte Frosch sich befindet, auf dem Rücken liegend festzuschnüren. Es gelingt dann in einem ruhigen Momente, dem Frosche, der nach wenigen Minuten mit dem Zappeln nachlässt, die Spannfäden an die Schwimmhaut anzubinden, worauf man aber etwas anders, als in dem in Fig. 239 abgebildeten Falle verfahren muss. Fig. 241 zeigt die Veranstaltung, wie solche zum mechanischen Befestigen des Frosches nöthig ist. *a, b, c, d* ist der Mikroskoptisch, auf welchem mit den Federklammern k_1 und k_2 die Glasplatte *A, B, C, D* festgehalten wird, sich aber doch verschieben lässt. *F* ist der im Leinenbeutel befindliche Frosch, dessen Schenkel aus dem Leinenbeutel bei *i*, woselbst die Zuziehschnur eingezogen ist, hervorragt. An den zwei längeren der vier Zehen ist bei *f* und f_3 je ein Faden angebunden.

Der Leinenbeutel ist, wie in Fig. 241 etwas undeutlich zu sehen, sammt dem Frosche durch Kreuz- und Querumwicklung an die Glasplatte mit den Enden der Zusammenziehschnur, welche bei *z* zusammengeknüpft ist — angeschnallt. Die Fäden f_2 und f_3, welche die Schwimmhaut spannen, sind nicht am Cartonplättchen auf die Korkplatten *K* angeheftet, sondern es ist hinter den Korkplatten die Leiste *l* aus Cigarrenkistenholz mittelst „Syndetikon“ angeleimt. In dieser Leiste sind bei n_1 und n_2 zwei Reissnägel eingeschlagen, um die man nun die Fäden f_2 und f_3 einigemale unterm Nagelkopf herumwickelt, wodurch die Schwimmhaut *s* über der Tischöffnung genügend gespannt, gleichzeitig aber der Frosch verhindert wird, den Fuss zurückzuziehen.

Dennoch geschieht es bei der mechanischen Fesselung oft, dass der Frosch mit dem Schenkel zuckt und so die Beobachtung stört. Deshalb griff man zur Narkotisirung des Frosches.

Mit Aether oder Chloroform oder einem Gemenge von beiden erfolgt die Narkose rasch, wenn man den Frosch in eine mit sehr wenig Wasser gefüllte Untertasse setzt und rasch mit einem Glassturze kleineren Kalibers oder einem Einsiedeglas zudeckt, nachdem man neben den Frosch auf die Tasse einen mit der ätherischen Flüssigkeit getränkten Baumwollbausch gelegt hat. Der Frosch wird zuerst unruhig, springt auf, so dass man das

Glas halten muss, damit er es nicht abwirft, dann wird er ruhig und in fünf Minuten ist er wie todt und lässt sich legen, wie man will, so dass man nach Wahl seine Schwimmhaut auf die in Fig. 237 und Fig. 239 abgebildete Art und Weise spannen und den Blutlauf in ihr beobachten kann.

Ein Uebelstand, auf den jedoch schon der alte Harting aufmerksam macht, ist der, dass alle Membranen, die mit Aether (oder Chloroform) in Berührung kommen, trüb werden; der Frosch hüpft aber bei der geschilderten Narkotisirungsweise leicht im Vorstadium der Narkose auf den äthergetränkten Baumwollbausch und trübt so seine Schwimmhäute; um dies zu vermeiden, wendet Verfasser dieses einen leicht herzustellenden Narkotisirungsapparat an. Er sprengt von einer 300 *g*-Medicinflasche mittelst Sprengkohle den Boden weg, schleift auf einem Sandsteine die Ränder etwas ab und führt nun einen Kork in die Flasche im Halse ein, an welchem ein mit Aether oder Chloroform getränktes Stück Badeschwamm mittelst eines Drahtes befestigt ist. Diese Vorrichtung wird über den in einer der besseren Luftabsperrung wegen mit etwas Wasser bedeckten Tasse befindlichen Frosch gestülpt. Fig. 242 zeigt die Vorrichtung in halbschematischer Durchschnittszeichnung. *T* ist die Tasse, die mit Wasser *W* etwas gefüllt ist, *g* ist die Medicinflasche, welche nach Absprengung des Bodens über den Frosch *F* gestülpt und gehalten wird, *K* ist der Kork, an dem an einem Drahte *d* das mit dem betäubenden Fluidum gefüllte Schwämmchen *sch* befestigt ist.[1])

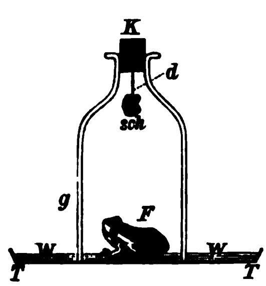


Fig. 242.

Bei dieser Vorrichtung ist vermieden, dass sich die zu beobachtende Schwimmhaut des Frosches dadurch trübt, dass sie mit dem Aether oder Chloroform oder einer Mischung von beiden (zu gleichen Theilen, eventuell mit zwei Theilen absolutem Alkohol versetzt) in Berührung kommt.

Der auf die eine oder die andere Art narkotisirte Frosch bleibt eine halbe Stunde lang zuverlässig ruhig, oft auch länger, wurde er aber zu lange den narkotischen Dämpfen ausgesetzt, so stirbt er oft gleich nach der Narkose, oft erst stundenlang nach dem Erwachen; wurde die Narkose hingegen bald nach vollendeter Beruhigung des Frosches unterbrochen, so erholt sich der Frosch sehr bald und kann öfter zu dem Versuche benützt werden.

Der Uebelstand, dass der Frosch höchstens eine Stunde lang betäubt bleibt, lässt sich durch die Alkoholisirung vermeiden. Alkoholisirt wird der Frosch, indem man ihn in ein Gemisch aus 10 Theilen 95percentigem Alkohol und 50 Theilen Wasser hineinsetzt und nun mit einem so niederen Glase bedeckt, dass er zwar mit dem halben Körper aus dem Alkoholbade hervorragt, aber nicht herausspringen kann. In einer halben Stunde hat der Frosch durch seine Haut genug Alkohol aufgenommen, um für zwei bis drei Stunden betäubt zu sein. Bleibt er länger in dem Gemisch, so ist er meist todt.

Durch Curare[2]) wird der Frosch gelähmt, indem man demselben eine 1percentige wässerige Lösung dieses furchtbaren Giftes unter die Haut injicirt. Der Verfasser dieses vermeidet aber die Pravaz'sche Spritze wegen

[1]) Der Schwamm soll nicht, wie in dem Holzschnitte Fig. 242 fälschlich dargestellt ist, so tief herabhängen, dass der Frosch beim Hinaufspringen an ihn anstösst und sich mit der Narkotisirungsflüssigkeit benetzt, sondern der Draht *d* soll so kurz sein, dass das Schwämmchen *sch* noch im Flaschenhalse hängt und vor Berührung durch den springenden Frosch gesichert ist.

[2]) Vergl. Fussnote [2]) auf Seite 346.

der Gefährlichkeit für Menschen, welche sich an der Spritze ritzen könnten, und verwendet hiezu ein Glasrohr mit gekrümmter, dünn ausgezogener, aber stumpfer Spitze. Zum Behufe der Curarisirung wird am Bauche die weisse Haut des Frosches etwas in die Höhe gehoben und mit einer scharfen Scheere auf 3 *mm* eingeschnitten, eine Operation, die man am besten am mit Aether narkotisirten Frosche vornimmt. In die Hautwunde wird nun das vorher mit der Spitze in die Curarelösung eingetauchte Glasröhrchen mit dem engen Ende eingeführt und durch das andere Ende durch Blasen mit dem Munde das beim Eintauchen in die Röhre gedrungene Curare eingetrieben.

In wenigen Minuten erlahmt jede motorische Thätigkeit der willkürlichen Muskeln, der Blutkreislauf aber dauert fort. Das curarisirte Thier bleibt 24 und mehr Stunden ruhig, man kann also lange ungestört beobachten; die Veranstaltung ist jene der Fig. 237—239. Die Schwimmhaut darf in allen Fällen nicht zu sehr gespannt werden, sonst tritt „Stase“ in den Gefässen, also Stillstand des Blutkreislaufes ein. Auch wird man gut thun, dem Frosche durch zeitweiliges Betropfen mit Wasser, namentlich auf die Nasenlöcher, Feuchtigkeit zuzuführen. Die beobachtete Schwimmhaut muss beständig feucht erhalten und von anhaftenden Unreinigkeiten durch Abpinseln mit einem Pinsel von Zeit zu Zeit befreit werden; ein Deckgläschen ist nicht erforderlich, da meist mittlere Vergrösserungen angewendet werden. Was sich unserem Auge bei Betrachtung mit einer 200—300mal vergrössernden Combination darbietet, zu schildern, kann nicht Sache dieses praktischen Leitfadens sein. Zur Orientirung sicht sich aber der Autor veranlasst, in Fig. 243 eine schematische Skizze zum besseren Verständniss dem Leser vorzuführen. Die Erklärungen sind auf der Figur selbst gegeben.

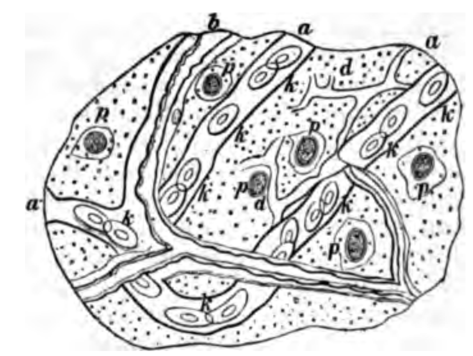


Fig. 243.
Blutkreislauf in der Schwimmhaut von Rana esculenta (Wasserfrosch). 200mal vergrössert. *a* Blutgefässe, *k* Blutkörperchen in denselben, *b* Nerv, bei *d* gablig getheilt und verschwindend, *p* Pigmentkörperchen.

Weiters muss der Verfasser darauf hinweisen, dass man namentlich an dem blos mechanisch gefesselten, also sonst intacten Thiere pharmakologische Beobachtungen machen kann, indem man demselben vor der Fesselung Antipyrin, Digitalin u. s. w. mit einer kleinen Morphiumspritze injiciren und die Einwirkung auf den Blutlauf beobachten kann, ebenso pathologische, z. B. Entzündungsvorgänge, welche durch Einrisse in die beobachtete Schwimmhaut oft von selbst eintreten und das der Entzündung charakteristische Einwandern der weissen Blutkörperchen aus den Blutgefässen in das umliegende Gewebe und die Eiterbildung wahrnehmen lassen. Professor Ranke in München hat deshalb Recht, wenn er sagt: „Wir beobachten hier ja nicht nur die Form der Organe und Organtheile, wir sehen direct in das rege Getriebe des thierischen Lebens hinein, wir sehen das Leben eine seiner wichtigsten Aeusserungen vor unseren erstaunten Blicken abspielen.“

Deshalb werden es die Leser auch gerne verzeihen, dass sich der Verfasser bei der Technik der mikroskopischen Beobachtung des Blutkreislaufes so lange aufgehalten hat, mögen sie dadurch in die Lage gesetzt worden sein, ihn selbst zu beobachten.

Nach dieser Abschweifung komme ich jetzt dazu zu erörtern, welche Wege man einschlagen kann, um Bakterien, kleine Algen, Infusorien u. dergl., dem unbewaffneten Auge meist unzugängliche, grösstentheils in Flüssigkeiten vorkommende Geschöpfe, unter dem Mikroskope in lebendem Zustande in Bezug auf die biologischen Erscheinungen zu untersuchen.

Eine ältere Methode, derlei Wesen zu beobachten, war diejenige, sie einfach in einer Flüssigkeit, durch Auftropfen auf ein Glastäfelchen unter das Mikroskop zu bringen; der Tropfen verdunstete jedoch bald und man nahm dann dünne Glasröhrchen, sog einen Tropfen ein und brachte ihn so in dem „tubulus capillaris" auf den Tisch des Mikroskopes, wo sich der Tropfen schon länger erhielt. Diese Röhrchenmethode lässt sich zu manchem subtilen biologischen Versuche auch heute noch verwerthen,[1]) weshalb wir dieselbe und einen damit ausführbaren biologischen Fundamentalversuch der modernen Bakteriologie hier darlegen werden.

Man nimmt ein gewöhnliches Glasröhrchen, wie es zu chemischen Versuchen dient, erhitzt die Mitte stark mit einer nicht russenden Flamme, bis die Mittelpartie stark erweicht ist. Mit der linken Hand fasst man die eine, mit der rechten die andere Seite des Röhrchens, zieht beiderseits an und erhält in der Mitte einen Glasfaden, rechts und links aber Glasspitzen, an denen mehr oder weniger als 1 *mm* breite Glasröhrchen mit haardünnen Wänden sitzen. Bricht man nun mit der Pincette ein solches Glasröhrchen ab, so dass ein 2—3 *cm* langes Stückchen entsteht, so kann man einen Tropfen mit Infusorien, Bakterien, lebenden Diatomaceen etc. durch Capillarität in das Röhrchen aufsaugen, dasselbe an den Enden mit Wachs verpicken und so das Ganze auf einen Objectträger unter das Mikroskop bringen. Der Tropfen in einem solchen Röhrchen hält sich lange, und man kann auch mit stärkeren Linsen die Vorgänge in ihm verfolgen. Solch ein Glasröhrchen benützte der Biologe Pfeffer[2]) zu dem nach ihm benannten Fundamentalversuche, womit er darthun wollte, dass die Bakterien die Fähigkeit haben, sich nach denjenigen Oertlichkeiten zu begeben, wo sie die ihnen geeignete Nahrung finden.

Zur Ausführung dieses Versuches legt man einerseits ein erbsengrosses Stückchen Fleisch in ein Opodeldocgläschen und giesst Wasser darüber, worauf man das Ganze stehen lässt, bis sich ein schillerndes Häutchen an der Oberfläche bildet (im Sommer 36, im Winter bei Zimmerwärme von 14° 48 Stunden), andererseits bereitet man sich in einem anderen Opodeldocfläschchen eine Lösung, bestehend aus 5 *cg* (0·05 *g*) Fleischextract und 5 *g* gewöhnlichem Wasser.

Man bringt nun einen Tropfen der Fleischwasserjauche auf ein Objecttäfelchen unter das Mikroskop, saugt mit einem etwa 6 *mm* langen Stückchen eines haardünnen Glasröhrchens von oben beschriebener Herstellungsweise einen Tropfen der Fleischextractlösung auf und klebt es ı einem Ende zu, so dass noch 3 *mm* Luftraum am geschlossenen Ende rig bleiben. Beobachtet man nun den Tropfen Fleischwasserjauche, den ın mit einem Deckglase zudecken kann, nachdem man, um den Zwischenım zu vergrössern, zwei Haare zwischen Objectträger und Deckgläschen

[1]) Brefeld, Klebs und Andere haben die Glasröhrchen in ihrer Form verbessert, sie sich zu manchen bakteriologischen Versuchen als sogenannte „feuchte Kammern" nden lassen. Wir werden weiter unten auf sie zurückkommen.

[2]) Vergl. W. Pfeffer: „Ueber chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten olvocineen" (Unters. a. d. botan. Instit. in Tübingen, Bd. II. S. 582) und „Locomotorische gsbewegungen durch chemische Reize" (Unters. a. d. botan. Instit. in Tübingen, Bd. I. . Man nennt nämlich Chemotaxis den Reiz, welchen Concentrationsdifferenzen er Stoffe auf frei bewegliche Organismen ausüben und dadurch ihre Bewegungen en.

gebracht hat, mit einem stärkeren System (es muss keine Immersion sein, System 7 oder 8 einer der Wiener Firmen, z. B. Louis Merker, Carl Reichert, Fritz Ebeling oder Zeiss' Objectiv *D* oder *E*, reichen hiezu aus), so sieht man bei enger Blende die Bakterien in dem Tropfen als weissgrau contourirte Stäbchen herumschwärmen. Legt man nun das mit Fleischextract gefüllte Röhrchen mit seinem offenen Ende in den recht grossen Tropfen nach Aufheben des Deckgläschens hinein und beobachtet das Röhrchenende, welches von der Fleischwasserlösung ganz bedeckt sein muss, so wird man sehen, dass in der Nähe der Mündung des Glasröhrchens die Bewegung der Bakterien sofort lebhafter wird und dass sie den Weg nach der Nährflüssigkeit, das ist also der Mündung des mit Fleischextractlösung gefüllten Röhrchens einschlagen. Nach wenigen Minuten ist das Glasröhrchen mit Bakterien erfüllt und eine dichte Wolke derselben vor der Mündung angesammelt. Nimmt man statt der einpercentigen Fleischextractlösung eine solche von zehn und mehr Percent Concentration, so wird man bei Wiederholung gedachten Versuches mit Erstaunen wahrnehmen, dass nun die Bakterien aus dem Tropfen gegen die Mündung des in den Tropfen hineingelegten, mit Fleischextractlösung höherer Concentrationsstufe gefüllten Röhrchens anschwärmen, jedoch gewissermassen zurückschreckend umkehren, sobald sie in die concentrirte Nährlösung getreten sind. Man sieht also, dass den Bakterien, so wenig wählerisch sie sonst sein mögen, nicht jeder Concentrationsgrad der Nährflüssigkeit behagt und dass sie den ihnen behagenden Nährstoff nach Art der Thiere sich frei bewegend aufsuchen und den ihnen nicht behagenden fliehen, dass sie also eigentlich eine eigenthümliche Zwischenstufe zwischen Thieren und Pflanzen bilden; jedenfalls ist daher Pfeffer's Versuch ein fundamentaler, da er fundamentale Aufklärungen über das Wesen der Bakterien gibt.

Bei diesem Versuche wird man jedoch alsbald wahrnehmen, dass allerlei lästige Diffractionserscheinungen den Gebrauch des Glasröhrchens als Behältniss zur Beobachtung kleinster lebender Objecte erschweren, indem die doppelte Wölbung der Glasflächen des Röhrchens namentlich beim Gebrauche starker Systeme, wie sie hier nothwendig sind, das scharfe Bild beeinträchtigt.[1]) Man hat deshalb auf verschiedene andere Arten versucht,

[1]) Diesem Uebelstande hat neuerer Zeit Greenough durch seinen Capillarrotator (von Zeiss für 50 Mark zu beziehen) abgeholfen, indem dieser Apparat gestattet, in dessen Glasröhrchen eingeschlossene lebende oder todte Objecte, auch grössere, wie z. B. Larven und Eier von Würmern, mit den stärksten Immersionen zu beobachten. In Bd. XIV (1897), S. 309 der Zeitschr. für wissenschaftl. Mikroskopie beschreibt W. Gebhardt den Apparat wie folgt: „Eine längliche, etwa der Form eines vergrösserten engl. Objectträgers entsprechende metallene Grundplatte (Fig. 244) trägt oben in der Mitte ihrer ganzen Länge nach eine parallel mit den Langseiten verlaufende, im Querschnitt ein gleichschenkliges Dreieck darstellende Rinne *r*, welche zur Aufnahme der zu untersuchenden Capillare dient. Dieselbe ist, etwas näher der einen Kurzseite der Grundplatte als der anderen, von einer ca. 15 *mm* im Durchmesser haltenden runden Oeffnung *o* durchbohrt. Der Rand dieser Oeffnung hat unten einen geringen, in das Lumen hineinragenden Vorsprung, so dass ein rundes, dem oberen Durchmesser der Oeffnung entsprechendes Glasplättchen nicht durch dieselbe hindurchfällt, sondern rundum von dem Vorsprung getragen, mit dem Oeffnungsrand zusammen eine Kammer von geringer, ca. 0·75 *mm* Tiefe bildet. Am Kammerrande erhebt sich das Profil der Rinne um etwa 0·5 *mm*, womit natürlich auch eine Annäherung der oberen Ränder aneinander im Vergleich zur übrigen Rinne verbunden ist. Diese Einrichtung dient in Verbindung mit einer versenkten, schwach federnden Doppelklammer *F* dazu, die Capillare in demjenigen Stück, welches die Kammer passirt, bei der Rotation möglichst ohne Schlagen sich drehen zu lassen. Die Herstellung der ganzen Kammer hat den Zweck, die unregelmässigen Brechungen an der Capillarwand durch Versenken der Capillare in ein optisch homogenes Mittel, z. B. Cedernholzöl, für die Bildgüte unschädlich zu machen. Die dem beobachtenden homogenen Immersionssysteme zugekehrte Capillarwandung vertritt dabei die Stelle des Deckglases. Die Vorrichtung, um die nöthigen Bewegungen der Capillare ganz in das Belieben des Beobachters zu stellen, besteht im

Fig. 245 zeigt einen solchen grösseren Trog, den ich dazu benützt habe, um kleine Weichthiere und deren Eier lebend zu beobachten, welcher sich aber auch zur Beobachtung von Wasserpflanzen und den an denselben angewachsenen Süsswasserpolypen, Bryozoen u. dergl. eignet.

Um sich denselben zu machen, muss man einen guten Glasschneidediamant haben. Man braucht dann blos zwei Objectträger zu nehmen. Aus dem einen Objectträger schneidet man sich mit dem Diamant mit Hilfe eines Lineals die Glasflächen *aceg, bdfh*, welche miteinander congruent

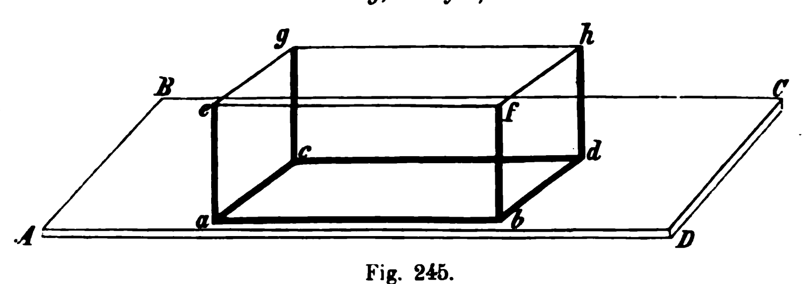


Fig. 245.

sein müssen, und *abef* sowie *cdgh*, welche ebenfalls miteinander gleich sein sollen, aus und klebt sie mit gutem Siegellack zunächst an den Kanten *abcd* auf den zweiten Objectträger *ABCD*, welcher die Basis bildet, auf. Dann verstreicht man unter Zuhilfenahme einer heissgemachten Messerklinge auch die Kanten *ae* und *cg, bf* und *dh* mit Siegellack, bis ein wasserdichter Trog entstanden ist. Natürlich kann man sich solche Tröge in allen möglichen Grössen und Tiefen[1]) anfertigen, gut ist es aber, als Basis stets einen Objectträger englischen Formates im Ganzen zu nehmen.

[1]) Man erhält ähnliche Tröge, jedoch anders geformt, bei R. Siebert in Wien und in anderen Handlungen mikroskopischer Bedarfsartikel unter dem Namen „Mikroskopisches Aquarium" fertig zu kaufen. Diese sind jedoch nur an umlegbaren Stativen zu gebrauchen, da der als Basis dienende Objectträger nahezu senkrecht stehen muss, weil sonst das Wasser ausfliessen könnte. Fig. 246 zeigt das bei Siebert erhältliche mikroskopische Objectträger-Aquarium von Cori, welches aus durch einen Metallrahmen zusammengehaltenen Glastheilen, die genau aufeinanderpassen, besteht und sammt Metallrahmen blos 3 *K* kostet. Wenn übrigens der Zwischenraum der grösseren Wände sehr klein ist, wirkt er capillar und kann bei jedem Mikroskope benützt werden. In seiner neuesten Form ist es eigentlich auf beiden Seiten von dünnem Deckglase abgeschlossen, um eine Umkehrung und Beobachtung von beiden Seiten zu ermöglichen. Um den lebenden Objecten stets frische Flüssigkeit zuführen zu können, taucht man in ein höher stehendes Becherglas einige Wollfäden (Docht) und lässt sie in das Aquarium herabhängen, andererseits kann man auf ähnliche Weise Wasser durch einen Docht in ein tiefer stehendes Gefäss ableiten. In solchem Falle ist es schon besser, ein besonderes, sogenanntes Aquarium-Mikroskop anzuwenden und das Aquarium auf einem gesonderten Stativ aufzustellen. Fr. Eilh. Schulze hat durch Klönne & Müller in Berlin ein solches Aquarium-Mikroskop anfertigen lassen. Beschrieben und abgebildet ist es in Wilhelm Behrens' Leit-

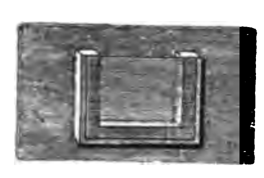


Fig. 246.

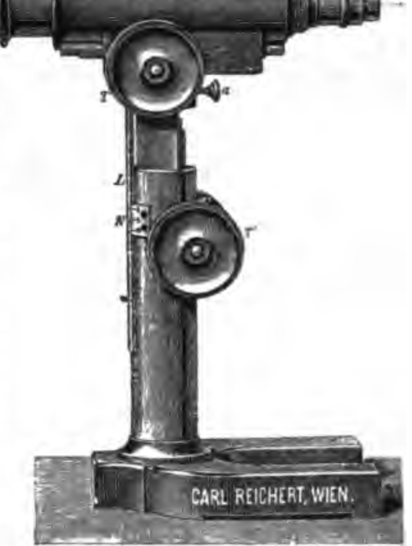


Fig. 247.

Neuerdings habe ich statt der immerhin zerbrechlichen, selbstgefertigten Tröge für manche Objecte mit Vortheil einen geschliffenen Zahnstocherbehälter (von circa 9 *cm* Länge, $2^1/_2$ *cm* Breite und $3^1/_2$ *cm* Höhe) benützt, wie solche fast in allen Glashandlungen zu haben sind. Goss ich in diesen Behälter das zu untersuchende Wasser aus einem Teiche, Brunnen etc. und liess es eine halbe Stunde stehen, so setzten sich viele Mikroorganismen am Boden ab, und zwischen den mikroskopischen Algen („Plankton") konnte ich Würmer, Räderthiere, ja sogar Infusorien auch dann deutlich beobachten, wenn ich das Objectiv eintauchte. Ganz gegen alle Theorie vertrug z. B. ein älteres Objectiv Nr. 5 von Hartnack das Eintauchen ganz gut und gab auch unter Wasser brauchbare Bilder. Taucht man das Objectiv nicht ein, stören die Erschütterungen des Wasserspiegels viel mehr, als wenn man 1—2 *cm* hoch Wasser aufgiesst und das Objectiv auf die Mikroorganismen, die natürlich sich in der grösseren Wassermenge sehr gut erhalten und entwickeln können, einstellt.

Wer ganz unanfechtbare Bilder unter Wasser erzielen will, bediene sich für schwächere Vergrösserungen des von Zeiss nach Dr. Harting angefertigten Planktonsuchers, einer Wasserimmersion von dem enormen Objectabstande von 36 *mm*, für welche obiger Zahnstocherbehälter noch zu seicht ist und durch ein beliebiges, unten mit durchsichtigem Boden versehenes Glasgefäss ersetzt werden kann, also z. B. eines der üblichen geschliffenen Trinkgläser. Dagegen lässt sich die Wasserimmersion *D*, welche Zeiss über Anregung des Herrn Bratuscheck construirte und welche 1·5 *mm* Objectabstand bei 200—500maliger Vergrösserung (je nach den Ocularen) gestattet und eigentlich für Verwendung bei den später zu besprechenden feuchten Kammern bestimmt ist, da sich auch in diesen die Objecte im Wasser befinden, in dem obigen Zahnstocherbehälter trefflich zur Beobachtung bei starker Vergrösserung benützen, weil das Licht auf seinem Wege vom Object zum Objectiv nur durch Wasser geht und nicht einmal das Deckglas der später zu besprechenden üblichen feuchten Kammern den homogenen Gang der Lichtstrahlen stört, was nach dem in den §§ 23 bis 26 (oben S. 30 ff.) Ausgeführten für die Correctheit des Bildes von günstigem Einflusse ist.

Ganz seichte Tröge kann man durch Uhrgläschen ersetzen, auch hier ist es aber der Stabilität wegen gut, das Uhrschälchen mittelst eines grossen Tropfens recht dicken Canadabalsams, der recht lang Ruhe zum Trocknen

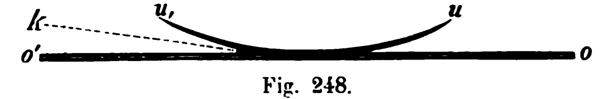


Fig. 248.

haben muss, auf einem Objectträger aufzukitten. Durch Erwärmen lässt sich das Trocknen des Canadabalsams beschleunigen, doch wird er dadurch gelblichbraun. Fig. 248 zeigt schematisch, wie ein Uhrschälchen der besseren Stabilität halber zweckmässig auf einem Objectträger aufgekittet werden kann. *o—o'* ist

faden der botanischen Mikroskopie, Braunschweig, bei Harald Bruhn, 1890, auf S. 34. Aehnliche wurden von Albrecht in Tübingen u. A. construirt, um damit das Längenwachsthum von Pflanzen zu messen (vergl. Zimmermann, „Das Mikroskop", S. 106). Das von C. Reichert für Prof. Wiesner in Wien angefertigte, in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik, Bd. X, 1893, S. 145—148, beschriebene Instrument zeigt Fig. 247. Es lässt sich mit dem Triebe *T* einstellen und mit dem Triebe *T'* höher und tiefer stellen. Nach Lockerung der Schraube *a* lässt es sich um einen Zapfen herumdrehen. An einer Scala *L* und einem Nonius *N* lässt sich die Verschiebung in verticaler Richtung ablesen. Ohne Objectiv etc. kostet das Stativ blos 72 *K* sammt Mahagonikasten. Es leuchtet ein, dass sich das Instrument, besonders wenn es mit schwachen Objectiven armirt wird, statt gegen eine Pflanze gegen ein grösseres, etwa mit Fischzuchteiern gefülltes Glasgefäss (Aquarium) richten lässt, und kann es sodann sogar für den Praktiker (Fischzüchter) einen grossen Werth haben, um die Entwicklung verschiedenen Laiches zu verfolgen und zu vergleichen.

der Objectträger, $u—u_1$ das Uhrschälchen, *k* zeigt, wohin der Tropfen Canadabalsam, der Uhrschälchen und Objectträger zu verbinden bestimmt ist, placirt wird.

Diese Vorrichtungen werden gestatten, auch Zergliederungen todter Objecte unter Wasser, wo die einzelnen Theile dann flottiren und so besser wahrgenommen und schonender behandelt werden können, vorzunehmen. Die geschilderten, vor dem Umkippen durch Aufkitten auf einen Objectträger geschützten Uhrgläschen werden aber auch bei chemischen Reactionen, die unter dem Mikroskope vorgenommen werden müssen, gute Dienste leisten, weshalb deren Herstellung sich auch solchen empfehlen dürfte, welche sich mit Beobachtung lebender Objecte selten oder gar nicht befassen.

Viel wichtiger als die gedachten Vorrichtungen sind für die praktische Mikroskopie die eigentlichen „feuchten Kammern". Man versteht darunter eine ganze Gruppe von Vorrichtungen, welche gestatten sollen, Objecte in Flüssigkeiten — und zwar namentlich Organismen (z. B. Bakterien) oder lebende Theile von solchen (z. B. Blut, Lymphe etc.) auf dem Objectträger längere Zeit vor dem Verdunsten geschützt — auch in sehr kleinen Quantitäten in beobachtungsfähigem Zustande zu erhalten, wie wir es bei dem Pfeffer'schen Fundamentalversuch durch die Anwendung des Röhrchens erzielt haben, ohne aber die Unbequemlichkeiten der optischen Beeinträchtigung des mikroskopischen Bildes in den Kauf nehmen, und ohne, wie dies bei Anwendung der vorgeschilderten (tiefen) Tröge und Uhrgläschen geschehen musste, grössere Flüssigkeitsmengen zur Disposition haben zu müssen. Eine solche feuchte Kammer hat Recklingshausen angegeben. Dieselbe besteht aus einem grossen Objectträger, 70 *mm* lang, 60 *mm* breit, auf welchem ein circa $2^1/_2$ *cm* Glasring genau aufgeschliffen ist; man kann sich solch einen Glasring leicht selbst herstellen, wenn man einen Rundbrenner-Lampencylinder etwa mittelst Diamant und glühender Sprengkohle (einer Masse, die ähnlich zusammengesetzt ist, wie die Räucherkerzchen) absprengt, so dass ein Ring von 3—4 *cm* Durchmesser und 3 *cm* Höhe übrig bleibt, den man dann auf einer Gusseisenplatte mit feinem Sand und Wasser so lange im Kreise schleift, bis er eben ist und die Ränder frei von Rissen sind.

Dann verschafft man sich einen 5 *cm* langen Schlauch, welcher auf das Glasringrohr passt, aber sich auch um den Tubus des Mikroskopes mittelst dünnen Bindfadens dicht anschnüren lässt. Derlei feuchte Kammern nach Recklingshausen erhält man auch fertig bei R. Siebert in Wien u. a. m.

Hat man nun z. B. die Lebenserscheinungen von Bakterien zu beobachten, so bringt man einen Tropfen der dieselben enthaltenden Flüssigkeit von der Grösse eines grossen Stecknadelkopfes auf den Objectträger, ein ebenso grosses Tröpfchen auf ein Deckgläschen, fasst das Deckgläschen mit der Pincette und kehrt es rasch auf den Objectträger um, so dass beide Tröpfchen zusammenfliessen. Nunmehr bestreicht man die Randbasis des Glasringes, auf welchem man mittelst einer dreikantigen Feile und etwas Spiritus Terebinth., mit dem man die Feile benetzt, leicht eine Einkerbung zum Anbinden des Schlauches anbringen kann, mit Talg und drückt den Ring so auf den mit dem Bakterientropfen versehenen Objectträger, dass der Mittelpunkt des Deckgläschens mit dem Centrum des Ringes zusammenfällt, schnürt nach Adjustirung des Mikroskoptubus mit dem zur Beobachtung bestimmten Objective, eventuell falls man eine Immersion benützt (man wird zu derlei Beobachtungen unverkitteter Objecte zu starken Vergrösserungen Wasserimmersionen benützen müssen, da die zähen Oelimmersionsflüssigkeiten beim Einstellen gerne das Deckglas abheben), nachdem man den Immersionstropfen auf das Deckglas gebracht und die Frontlinse des Objectives angehaucht hat, den Schlauch an den mittelst des Talges fest am Glase des Objectträgers haftenden Glasring an, senkt das Objectiv in den Schlauch und schnürt nun-

mehr den Schlauch an das Tubusende an. Dann stellt man ein. Da der Schlauch mit dem Ring die Objecte von der freien Atmosphäre abschliesst, so kann der Tropfen zwischen Deckglas und Objectträger nicht verdunsten und man kann bei ganz normaler Dicke des Objectes (dazugehöriger Flüssigkeitstropfen) die Lebenserscheinungen in dem Objecte tagelang, ohne Austrocknen fürchten zu müssen, beobachten.

Zu welcherlei Versuchen eine solche feuchte Kammer, ebenso wie die im Nachfolgenden zu beschreibenden handsameren Vorrichtungen zu gleichem Zwecke, dienen kann, soll im Nachfolgenden durch Schilderung des sogenannten Engelmann'schen Versuches[1] beispielsweise gezeigt werden.

Der Engelmann'sche Versuch.

Wir brauchen zu diesem Versuche Bakterien und grüne Algen, beide lebend.

Es ist bekannt, dass die Bakterien in solche zerfallen, welche ohne Sauerstoffzufuhr leben können, aber auch bei Zufuhr von Sauerstoff nicht absterben (facultative Anaëroben), und solche, welche blos bei Sauerstoffzufuhr gedeihen (obligate Aëroben), ferner in solche, die ganz im Gegentheil bei Gegenwart von Sauerstoff absterben (obligate Anaëroben), eine Eintheilung, auf die wir bei Besprechung der sogenannten Gaskammern uns weiter unten noch einmal erinnern werden müssen.

Hier sei erwähnt, dass es unter den facultativen Anaëroben solche gibt, die bei Sauerstoffmangel nicht absterben, wohl aber ihre Lebenserscheinungen minder lebhaft erscheinen lassen. Die mit Eigenbewegung begabten Bakterien unter ihnen stellen die Bewegung ein, sobald der Sauerstoff fehlt, und beginnen dieselbe wieder, sobald Sauerstoffzufuhr eintritt.

In einem Aufguss von Heu kann man den Bacillus subtilis Ehrenberg, der trotz seines Namens schon zu den grössten Formen gehört und sich durch lebhafte Eigenbewegung auszeichnet, schon mit guten mittelstarken Systemen, z. B. Reichert's, Ebeling's oder Merker's Trockensystemen von Nr. 6 aufwärts, bequem beobachten; er stellt Stäbchen von 3—10 Tausendstel *mm* („μ") Länge und 1—$1\frac{1}{2}$ Tausendstel *mm* Breite dar, welche sich mittelst Geisseln (die man aber ohne die oben beschriebene Färbungsmethode selbst mit den besten Objectiven kaum je zu Gesicht bekommt) recht rasch in dem Heuaufgusse umhertummeln. Diese Bacillen bieten wegen ihrer Vorliebe für Oxygen (Sauerstoff), ihrer leichten Sichtbarkeit und auffallenden Bewegung, namentlich aber leichten Beschaffbarkeit, ein bequemes Materiale für die Ausführung des Engelmann'schen Versuches dar.

Wir lassen jetzt die Bakterien und gehen zu dem zweiten Erforderniss des Engelmann'schen Versuches über: Grüne Algen.

In jedem stehenden Wasser finden wir grüne Ballen, bestehend aus Algencolonien; ganze Wassergräben, ja Teiche sind mit wolkenförmigen Massen eines grünen verfilzten Gewebes erfüllt, welches aus feinen Fäden von meist smaragdgrüner Farbe besteht. Die Membran dieser Algen ist nämlich wasserhell durchsichtig, der Innenraum dagegen mit Chlorophyllkörnern, welche eben die schöne Smaragdfarbe aufweisen, erfüllt.

Zieht man einen solchen Algenfaden aus dem Gewirre heraus und bringt ihn mit Wasser und einem Deckglase bedeckt unter das Mikroskop, so sieht man in den schlauchförmigen, langgestreckten Zellen die Blattgrünkörner schon bei 100facher Vergrösserung.

Diese Chlorophyllkörner haben nun bekanntlich die Eigenschaft, im Lichte Oxygen zu entwickeln, welches vom umgebenden Wasser absorbirt

[1] Th. W. Engelmann, der subtile Versuche über die Biologie der Spaltpilze (Schizomyceten) gemacht hat, legte das Resultat dieser Versuche u. a. in Pflügers Archiv Bd. [illegible] nieder.

wird. Die Sauerstoffmenge, welche ein einzelner grüner Algenfaden aushaucht, ist natürlich so minimal, dass sie sich jeder chemischen Nachweisung entzieht; mit Hilfe des Engelmann'schen Versuches lässt sie sich aber unter Benützung der feuchten Kammer nachweisen.

Wir nehmen den grossen Objectträger der Recklingshausen'schen feuchten Kammer her und bringen ein Tröpfchen des Heuaufgusses mit dem Bacillus subtilis auf denselben.

Da hinein legen wir einen Algenfaden, z. B. der Spiralbandalge (Spirogyra). Dann geben wir ein Deckgläschen darauf, stülpen den Glasring der Recklingshausen'schen feuchten Kammer darüber, den wir sorgfältig mit Talg bestrichen haben, und verbinden Tubus und Glasring nach Ansetzen eines mittelstarken Trockenobjectives mit dem Schlauche. Gut ist es, den Glasring an der Innenseite mit dickem, wassergetränktem Fliesspapier zu belegen. Blickt man nach scharfer Einstellung durch das Mikroskop, so sieht man Alles in Bewegung; die Bacillen wirbeln nur so um den grünen Algenfaden herum!

Wenn man dann das Instrument in einen dunklen Raum bringt, eine Stunde daselbst stehen lässt und es dann dort nach Abdecken des Tuches mit Hilfe einer mit matter homogener Glaskugel versehenen Petroleumlampe beleuchtet und einstellt, sieht man, dass die Bakterien träge umherliegen. Bringt man das Ganze wieder ans helle Fenster, stellt den Spiegel auf starke Beleuchtung ein und wendet zur Beobachtung mittelstarke Blenden an, so wird man wahrnehmen, dass unmittelbar nach Einlass des Tageslichtes die Bakterien sofort sich zu rühren beginnen und alsbald wieder munter umherschwärmen.

Nach Verfinsterung des Objectes hatten nämlich die Bakterien die geringe, im Tropfen des Heuaufgusses enthaltene Sauerstoffmenge bald verbraucht; die grüne Alge konnte im Dunkeln keinen Sauerstoff entwickeln und so mussten die Bakterien sozusagen mit dem Tode durch Ersticken kämpfen, was ihre Bewegungsenergie lähmen musste. Das Lampenlicht hat keine so kräftige actinische Wirkung, um aus der grünen Alge in kurzer Zeit merkliche Mengen von Oxygen zu entwickeln.

Als aber Tageslicht eingelassen[1]) wurde, zerlegte das Pflanzengrün die im Tropfen enthaltene Kohlensäure und hauchte Sauerstoff an den Tropfen zurück, so dass sich die Bakterien sogleich, als ob sie von einer Fessel befreit würden, in Bewegung setzten, wie wir ja gesehen haben.

Das Interessanteste kommt nun; man hat nämlich dieses Experiment benützt, um die minimalen Mengen von Oxygen zu berechnen, welche ausreichen, um auf die Bakterien einen Reiz zu üben. Diese Berechnung hier anzuführen, würde den Rahmen dieses für Praktiker bestimmten Leitfadens überschreiten; die Art der Berechnung allein soll hier skizzirt werden. Man stellt nämlich zuerst durch Versuche fest, wie viel Oxygen eine grössere Menge von Algenfäden (z. B. tausend solche Fäden) produciren, was ja der heutigen Gasanalyse keine besonderen Schwierigkeiten macht. Dann zählt man mittelst des Mikroskopes die Durchschnittszahl der Zellen, aus denen ein Algenfaden besteht, und dividirt, falls die Anzahl der Zellen bei der in Versuch gezogenen Zahl y, das von tausend Fäden in der Zeiteinheit producirte Oxygenquantum x sei, x durch $1000\,y = \frac{x}{1000\,y} = Z$; eine Zelle producirt also Z Kubikeinheiten Oxygen. Es ist nun einem halbwegs geübten Mikroskopiker leicht, eine einzelne Algenzelle abzuschneiden und zu dem Engelmann'schen Versuche zu verwenden; ja es geht auch an, die Zelle mit Hilfe des Ocularmikrometers in Hälften und Vierteln zu zerlegen und

[1]) Engelmann bedient sich zur Beleuchtung, respective Verfinsterung einer als Schirm zwischen Planspiegel des Abbe'schen Condensors und Lichtquelle gebrachten drehbaren Scheibe mit Oeffnungen von sehr verschiedenem Durchmesser und verschiedener Form.

den Engelmann'schen Versuch zu wiederholen, bis die Bakterien auf das von dem Zellenbruchtheile producirte Oxygen auch im hellsten Lichte nicht mehr reagiren. Man kam so zu einer Grenzzahl und fand, dass ein Trillionstel Milligramm Oxygen schon ausreicht, um in einer Secunde Bakterien in Bewegung zu setzen. Kehren wir den Versuch um, so müssen wir sagen: Die Bakterien sind, falls sie — wie die meisten beweglichen Bacillen es thun — bei Anwesenheit von Sauerstoff gedeihen, das empfindlichste Reagens auf Sauerstoff, da sie schon von einem Trillionstel Milligramm merklich beeinflusst werden? Wir sehen aus dem durch den Engelmann'schen Versuch gegebenen Beispiele, wie wichtig es für den Forscher ist, die mikroskopischen Objecte nicht nur in präparirtem todten Zustande, sondern auch im natürlichen lebenden zu betrachten. Da nun der Praktiker bei seinen Untersuchungen auf den Arbeiten der Forscher seine Schlüsse aufbaut, so wird es gerechtfertigt sein, wenn wir uns auch im Folgenden mit den Vorrichtungen, welche gestatten, auf handsamere und einfachere Weise, als die etwas unbequeme Recklingshausen'sche feuchte Kammer, lebende, sehr kleine Wesen unter dem Mikroskope sowohl in normalem, als durch chemische und physikalische Einflüsse künstlich modificirtem Zustande zu beobachten, des Näheren beschäftigen.

Die häufigste Methode ist seit neuester Zeit die Beobachtung kleinster Lebewesen, namentlich Bakterien, im „hängenden Tropfen" geworden. Denken wir uns einen concav ausgeschliffenen Objectträger, wie er auch z. B. zur Lebendbeobachtung kleiner, im Trockenen



Fig. 249.

lebender Insecten dienen kann und wie ihn uns im Durchschnitte Fig. 23[illegible] zeigt, gut gereinigt vor uns hingelegt, so können wir denselben in der Weis[illegible] als feuchte Kammer benützen, dass wir auf die hohlgeschliffene Stelle ei[illegible] Deckgläschen von mindestens doppelt so grossem Durchmesser bringen, a[illegible] jener des Hohlschliffes beträgt, auf welches vorher in der Mitte ein Tröp[illegible] chen der die zu beobachtenden Lebewesen enthaltenden Flüssigkeit [illegible] bracht wurde. Um einen besseren, die Verdunstung des Tröpfchens hindern[illegible] Verschluss zu erzielen, thut man gut, bei Anbringen des Tröpfchens folge[illegible] Verfahren einzuschlagen: Man nimmt den hohlgeschliffenen Objectt[illegible] bestreicht die Randpartie um den Hohlschliff herum mit Schmalz, Tal[illegible] Vaselin, legt das Deckgläschen vor sich auf den Tisch, bring[illegible] mit Glasröhrchen oder Glasstäbchen ein nur linsengrosses Tröp[illegible]chen [illegible] Beobachtungsmateriale enthaltenden Flüssigkeit auf das Dec[illegible]gläs[illegible] stürzt nun den Objectträger mit dem Hohlschliff über das a[illegible]uf [illegible] gläschen befindliche Tröpfchen. Das Deckglas haftet dem mit F[illegible]t [illegible] Rande des Hohlschliffes gut schliessend an [illegible] stärksten Linsen die Vorgänge im Tro[illegible] desselben beobachten. Da aber d[illegible] die Diffractionserscheinungen [illegible] suchungen recht unangene[illegible] für viele aërobe grössere [illegible] sie alsbald in der herm[illegible] feuchten Kammer [illegible] unter den sogenannt[illegible] und[illegible] man für grössere [illegible] den Ho[illegible]

mit planem Boden vorgezogen, welche meist aus durchbohrten Glasplatten oder Glasringen bestehen, welche am besten mittelst Canadabalsam auf englische Objectträger aufgekittet werden und auf welche man dann das Deckglas mit dem hängenden Tropfen stülpt. Solche Ringe, respective Glaszellen erhält man aus Glas oder Hartgummi bei R. Siebert in Wien u. A. zu kaufen und sind die Fig. 250 und 251, wo Fig. 250 eine feuchte Kammer aus einer Glaszelle und Fig. 251 eine solche aus einem Glasring aufweist, dem Preiscourante dieser Firma entnommen. F. E. Schultze ging aber noch weiter; er construirte eine feuchte Kammer, welche einerseits noch mehr Sauerstoff oder Luft[1]) und nöthigenfalls Feuchtigkeit in dem abgeschlossenen Beobachtungsraume aufzuspeichern gestattet, andererseits aber die Diffractionserscheinungen, die der hängende Tropfen naturgemäss durch seine convexe Form im Gefolge hat (da er eine planconvexe Linse darstellt) und die bei sehr farblosen und zarten Organismen die deutliche Beobachtung stören, beseitigt, weil der Tropfen ganz abgeplattet ist und der zu durchforschenden Wasserschicht eine beliebige, das heisst blos von der Construction der feuchten Kammer abhängige Dicke gegeben werden kann. Fig. 252 zeigt diese feuchte Kammer von oben und im Durchschnitt gesehen. Fig. 253 erläutert die constructiven Details, wie sie die heutigen Glasschleifereien



Fig. 250.

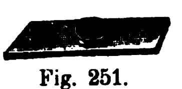


Fig. 251.

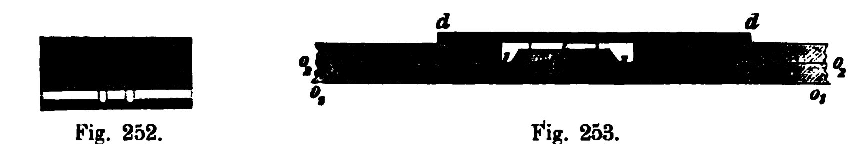


Fig. 252. Fig. 253.

bei Herstellung solcher feuchter Kammern benützen. Betrachten wir Fig. 253. O_1 zeigt den die Basis des ganzen Apparates abgebenden Objectträger; auf diesen ist ein zweiter, oben meist mattgeschliffener, in der Mitte bis zur Oeffnungsweite von 15 *mm* durchbohrter Objectträger O_2—O_2 mittelst Canadabalsam aufgekittet, so dass eine circa 2 *mm* tiefe Zelle entsteht. Mitten in dieser Zelle ist ein womöglich conischer Glasblock *b* aufgekittet, wodurch der ringförmige Luftraum *l*—*l* entsteht. Bringt man nun das Deckgläschen *d*—*d* mit dem hängenden Tropfen *t* auf die Glaszelle O_2—O_2, so wird dieser Tropfen an der oberen Fläche des Glasblockes *b* sich abplatten und es werden lästige Diffractionserscheinungen vermieden. Auch lässt sich die Dicke der Beobachtungsflüssigkeitsschichte bei verschiedenen Kammern variiren, indem ja die Dicke von *t* nur abhängt von der Höhe des Glasblockes *b* und der Tiefe der Zelle O_2—O_2 bei *l*—*l*. Nennen wir die Höhe des Glasblockes *h* und die Tiefe der Glaszelle O_2—O_2 (welche abhängig ist von der Dicke des oberen Objectträgers O_2—O_2) *t*, so ergibt sich die Dicke der Tropfenschichte $s = t - h$.

Ich habe nun versucht, mir selbst ähnliche feuchte Kammern von verschiedener Dicke herzustellen.

Hiezu bedarf man ausser einiger Objectträger von verschiedener Dicke, eines guten Glasschneide-Diamanten, eines Lineals und etwas recht dicken Canadabalsams noch eines, wie wir oben gesehen haben, auch recht gut zur Messung der Dicke von Deckgläschen verwendbaren Instrumentes: „Zehntelmass“ genannt (siehe Fig. 115 auf S. 181 dieses Buches).

[1]) Man kann auch in die Rinne etwas Wasser geben, um das Austrocknen des Objectes hinauszuschieben. Gibt man nach Schultze's Vorgang grüne Algen in die Rinne *l*—*l*, die den Glasblock *b* umgibt, so wird den im Tropfen der Schultze'schen feuchten Kammer befindlichen Mikroorganismen bei starker Beleuchtung Sauerstoff zugeführt. (Vergl. den eben besprochenen Engelmann'schen Versuch.)

Zur Herstellung nimmt man (Fig. 254) einen Objectträger *a b c d* von beliebiger Dicke, schneidet sich aus einem anderen recht dicken Objectträger mittelst Lineal und Diamant die vier Leistchen *m n o p*, *x n u w*, *u v r t* und *p q r s* und klebt sie mittelst Canadabalsam so auf den Objectträger, dass die viereckige Glaszelle *m o v s* entsteht. Das Ganze legt man verkehrt auf eine ebene Marmorplatte und beschwert es auf der nach oben gekehrten Unterseite mit Gewichten, damit beim Trocknen die Ränder der Glaszelle, die ja aus den vorgedachten Leistchen mosaikartig zusammengefügt wird, recht eben werden. Ist Alles in 1—2 Wochen gut getrocknet, putzt man etwaige hervorgequollene Canadabalsam-Tröpfchen mit einem Messerchen und einem mit Xylol befeuchteten oder mit Terpentinöl getränkten reinen Leinwandfetzchen weg und kittet ebenfalls mittelst Canadabalsam, der aber nicht sehr dick sein soll, also mit Spir. Terebinth. oder Xylol verdünnt sein kann, den Glasblock *b* mitten in die Glaszelle ein. Der Glasblock besteht aus einem viereckigen, um circa 2 *mm* im Quadrate gegen den lichten Fassungsraum der aus den vier Leistchen gebildeten Zelle kleineren Stück eines Objectträgers, welcher, mit dem Zehntelmasse gemessen, um so viel dünner sein muss wie das Glas, aus dem die vier Leisten geschnitten wurden, als man die Tiefe, resp. Dicke der zu untersuchenden Flüssigkeitsschicht wählen will. Soll z. B. die zu beobachtende Wasserschicht zum Studium der Lebenserscheinungen von kleinen Mückenlarven, kleinen Würmern u. dergl. Süsswasserthieren dienen, dann kann sie mindestens 0·5 *mm* tief sein, dann also wird das Glas zu den Leisten z. B. $1^1/_2$ *mm*, jenes zum Glasblock dagegen blos 1 *mm* dick sein müssen; handelt es sich aber z. B. um das Studium von Hefezellen, Bakterien oder auch kleinerer Infusionsthiere (Monaden, Geisselinfusorien etc. etc.), dann wird man die Flüssigkeitsschicht des abgeplatteten hängenden Tropfens möglichst dünn nehmen, z. B. 0·1 *mm* oder noch dünner, indem man zu den Glasleisten und dem Glasblocke Gläser nimmt, welche sich in der Dicke um die entsprechende Differenz unterscheiden. Tastet man mit dem Zehntelmasse eine Glasplatte ab, welche etwas grössere Ausdehnung hat, so wird man leicht wahrnehmen, dass verschiedene Partien der Glasplatte eine verschiedene, bei gutem Fabrikate oft blos um Zwanzigstel eines Millimeters variirende Stärke haben.



Fig. 254.

Durch Verwendung der stärksten Stellen zu den Leisten, der schwächsten zu dem Glasblocke habe ich selbst mir feuchte Kammern von 0·05 *mm* Tiefe der Beobachtungsflüssigkeitsschicht verfertigt. Fig. 255 zeigt das Ganze im Durchschnitt; *d* ist das Deckglas.

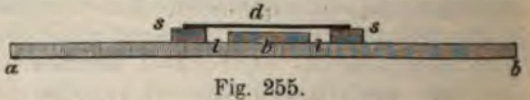


Fig. 255.

Solche feuchte Kammern sind aber auch aus anderen Rücksichten wichtig. Sie bilden nämlich die Grundlage zu verschiedenen Apparaten, die man sich selbst anfertigen kann, um chemische und physikalische Einflüsse auf die zu untersuchenden lebenden Organismen einwirken zu lassen.

Es ist ja keine Frage, dass der Einfluss, den z. B. gewisse Gasarten (Sauerstoff, Wasserstoff, schweflige Säure, Chlorgas etc.) auf lebende Organismen minimaler Grösse haben, schon deshalb interessant ist, weil die Kenntniss desselben für die Hygiene eine sozusagen exacte Grundlage zu geben im Stande ist; auch die Elektricität spielt, abgesehen vom rein wissenschaftlichen Standpunkte, bereits eine gewisse Rolle als Desinficiens

und vor nicht langer Zeit gingen Nachrichten von bewährten elektrischen Wasserreinigungsapparaten durch Fach- und Tagesblätter; es wird also auch ein Apparat, welcher gestattet, lebende Organismen unter dem Einflusse elektrischer Ströme unter dem modernen Mikroskope zu untersuchen, eine durchaus nicht unnütze Beigabe des Instrumentariums des praktischen Mikroskopikers bilden. Schliesslich versteht es sich von selbst, dass der Einfluss der Wärme, welche ja eigentlich in gewissem Grade die Grundlage organischen Lebens ist, die erheblichsten Veränderungen in Bezug auf Wachsthum, Vermehrung und Absterben der kleinsten Organismen hervorzubringen vermag und deshalb mittelst geeigneter, ein so heikles Instrument, wie das Mikroskop eines ist, möglichst wenig in seiner Integrität schädigender Apparate zur Anwendung gebracht werden soll, ebenfalls eminentes praktisches Interesse gewährt.

Wir müssen deshalb in den folgenden Zeilen diese Apparate, welche unter den Namen: „Gaskammern", „Elektrische Objectträger" und „Heizbare Objecttische" bekannt sind, besprechen und werden sehen, dass die besprochene feuchte Kammer mit hängendem Tropfen bei einigen dieser Instrumente — wie bereits erwähnt — eine wichtige Rolle spielt, ja sozusagen die Basis abgibt.

Apparate zur Einwirkung chemischer und physikalischer Agentien auf lebende mikroskopische Objecte.

1. Die Gaskammer.

Gibt man einer der in dem Vorhergehenden beschriebenen feuchten Kammern eine Einrichtung, dass man gewisse Gase um den hängenden Tropfen herum durchleiten kann, so entsteht die Gaskammer.

Sehr verbreitet ist jene von weiland Professor Stricker in Wien und wir beschreiben sie vor allen anderen, weil jeder einigermassen geschickte Mikroskopiker im Stande ist, sich dieselbe, wenn auch in modificirter Weise, selbst anzufertigen.

Bevor wir aber auf die Einrichtung und Selbstanfertigung der Gaskammer eingehen, müssen wir uns zunächst klar werden, wozu wir dieselbe brauchen. Stets geht das Bedürfniss der Befriedigung desselben voraus und nicht umsonst nennt man die Noth die Mutter aller Erfindungen. Bevor der Urmensch nach der spitzen Fischgräte griff, um mit derselben zu bohren, musste er irgendwo, etwa in einem um die Schultern zu hängenden Felle, ein Loch benöthigen. Dieser Entwicklungsgang vom Bedürfnisse zu dessen Befriedigung zeigt sich aber in der Regel (Ausnahmen bestätigen sie ja nur) auch bei den technischen Behelfen der Wissenschaft und zum Verständnisse eines Werkzeuges ist nichts so nothwendig, als zu wissen, wozu es erfunden wurde.

Die Gaskammer entsprang, wie schon erwähnt, dem Bedürfnisse, lebende Organismen der Einwirkung verschiedener Gase auszusetzen. Als man erkannt hatte, dass jede Zelle in gewisser Hinsicht ein Individuum, dass die complicirteren Organismen Zellenstaaten und die Gesundheit und Krankheit nichts als verschiedene, dem Gedeihen des Zellenstaates förderliche oder abträgliche Zustände der Zellenindividuen seien, lag es für die Forscher auf dem Gebiete der sogenannten Cellularphysiologie und der vom Altmeister Virchow geschaffenen Cellularpathologie nahe, die Einwirkung der verschiedensten Agentien auf lebende Zellindividuen unter dem Mikroskope zu studiren. Unter diesen Agentien waren natürlich auch die chemischen, und unter diesen erforderte die Application verschiedener Gase die Herstellung der Gaskammer. Namentlich die mit amöbenartiger Bewegungsselbständigkeit begabten Leucocyten (weissen Blutkörperchen) wurden auf ihr Verhalten in reinem Sauerstoffe, in der Kohlensäure u. s. w. geprüft, aber auch die

Blutkörperchen wurden einem eingehenden Studium in Bezug auf die Einwirkung verschiedener Gasarten auf dieselben unterworfen. Als dann die Bakteriologie als neue Wissenschaft ihren Siegeszug durch die Welt antrat, lag es nahe, auch lebende Bakterien auf ihr Verhalten in verschiedenen Gasen zu untersuchen. Wir haben oben bei Beschreibung des Engelmann'schen Versuches gesehen, wie empfindlich die aëroben Bakterien gegen Aenderungen der Sauerstoffmengen in dem Medium sind, in dem sie leben. Es gibt aber auch anaërobe Bakterien, das heisst solche, die keinen Sauerstoff vertragen. Um diese längere Zeit lebend zu beobachten, kann man sie in sauerstofffreien Medien beobachten, indem man der Beobachtungsflüssigkeit zunächst den absorbirten Sauerstoff entweder mittelst der Luftpumpe oder durch Einbringen in ein hermetisch abgeschlossenes kleines Gefäss, in welchem sich eine Lösung von 1 *g* Pyrogallol und 1 cm^3 Liqu. Kal. caust. in 10 cm^3 gekochten Wassers[1]) befindet, entzieht, dann einen Tropfen der Flüssigkeit in die Gaskammer bringt und durch diesen trockenen Wasserstoff durchleitet. Die Entziehung des Sauerstoffes geschieht mittelst der alkalischen desoxydirenden Pyrogallollösung am leichtesten so, dass man ein Uhrschälchen mit der die Bakterien enthaltenden Nährlösung, respective Beobachtungsflüssigkeit, auf einer passenden Brücke oder einem Schwimmer unter eine mit Quecksilber oder flüssigem Paraffinöl abgesperrte Glasglocke bringt, in welcher gleichzeitig eine Schale mit der vorbeschriebenen Pyrogallollösung sich befindet.

Nachdem wir nun dem Leser ein Bild davon gegeben haben, wozu die Gaskammer benützt wird, wollen wir sie in der Form, wie wir uns sie selbst verfertigen können, beschreiben.

Auf einem englischen Objectträger befindet sich eine viereckige Glaszelle, welche einen viereckigen Trog umschliesst, auf dessen Boden die Luft- und Feuchtigkeitsrinne (zur Aufnahme des Verdunstungswassers) eingeschliffen ist. Durch die entsprechend durchlöcherten Glasleisten der Glaszelle führen die in dieselben luftdicht eingekitteten zwei Zuleitungsröhren. An der einen Röhre befindet sich ein von einem Gasometer ausgehender Gasleitungsschlauch, welcher mit dem in Fig. 256 separat abgebildeten Schraubenquetschhahn mehr oder weniger geöffnet und nöthigenfalls ganz abgesperrt werden kann.

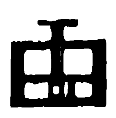


Fig. [illegible]

An der anderen Röhre ist eine ähnliche Schlauchvorrichtung angebracht.

Bei Benützung bestreicht man die Ränder der Glaszelle mit Unschlitt und drückt das mit dem die zu beobachtenden Objecte enthaltenden hängenden Tropfen versehene Deckglas fest auf, bis es gasdicht haftet. Eine [illegible] Verkittung (mit Wachs und Geigenharz) habe ich bei den gewöhnlichen Versuchen, wobei das Gas blos durchströmt und der Druck einer Atmosphäre nicht merklich überschritten wird, kaum nöthig gefunden. Bei Beobachtung schraubt man beide Schlauchhähne auf. Ist so viel Gas durchgeströmt, dass es die atmosphärische Luft aus der Kammer verdrängt hat, so schliesst man möglichst rasch und gleichzeitig beide Hähne und der Tropfen bleibt dem betreffenden Gase ausgesetzt. Um den Tropfen nicht zu [illegible] darf das Gas nicht etwa blasend einströmen, sondern sachte, was man durch die Schraubhähne in seiner Gewalt hat.

Um sich eine solche Gaskammer selbst anzufertigen, kann man so vorgehen, wie oben bei Erläuterung der Fig. 254 angegeben wurde; nur muss man in die Glaszellentheile, welche die Röhren aufnehmen sollen, halbovale Rinnen mit einer runden, mit Terpentinöl bestrichenen Stahlfeile ausschleifen. Die Röhren werden mit Siegellack an den Objectträger der Länge nach an-

[1]) [illegible] Methode siehe „Centralblatt für Bakteriologie", Nr. 5, Band IV ex 1888.

gekittet und dann durch die halbovalen Ausschnitte der Zellwände hindurch in die Kammer geführt und die Ausschnitte, soweit sie die Röhren nicht ausfüllen, fest mit Siegellack verkittet.

Fig. 257 zeigt in o_1—o_2 den Objectträger, in *a b c* die ovale, mit der Feile auszuschleifende Ausbuchtung der auf den Objectträger aufgekitteten Glasleiste der Glaszelle *z*—*z*, o ist das Röhrchen und bei *s*—*s* ist die Siegellackmasse, die zur Verkittung dient, in schwarzem Tone angedeutet. Wer die in Fig. 254 abgebildete Kammer sich selbst hergestellt hat, wird in der Lage sein, sich auch die Gaskammer selbst herzustellen. Ich bemerke nur, dass sich als Zuleitungsröhrchen am besten Glasröhrchen von 3 *mm* Dicke empfehlen, weshalb auch die Glasplatten, aus denen die vier die Glaszelle bildenden Glasleisten geschnitten werden, gut 5 *mm* dick sein müssen. Der Glasblock kann entweder ganz wegfallen oder man macht ihn 3 *mm* dick und um 2 *mm* kleiner im Quadrate als die Glaszelle, damit er die Röhrchen, welche man am besten in der Flamme conisch auszieht, nicht hindert.

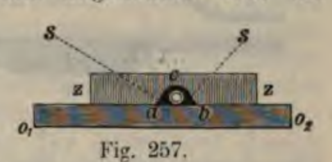


Fig. 257.

Fig. 258 zeigt halbschematisch und zweimal vergrössert die ganze Anordnung einer selbstangefertigten Gaskammer. o_1—o_2 zeigt den Objectträger; auf diesem sind die Zellwände *g*—*g* (aus Glasplatten geschnitten) mittelst Siegellack (bei der Gaskammer empfiehlt es sich, statt des Canadabalsams Siegellack feinster Qualität als Kitt für die vier Zellwände und die Röhren zu benützen) aufgekittet. In deren Höhlungen sind die Zuleitungsröhren z_1 und z_2 ebenfalls mittelst Siegellack luftdicht eingekittet. Wünscht man zur Abflachung des Beobachtungstropfens *t*, welcher vom Deckglase d_1 und d_2 herabhängt, einen Glasblock anzubringen, so zeigt Fig. 258 bei *b* diesen Glasblock, der auf dem Objectträger o_1 und o_2 mittelst Canadabalsams (wegen der Durchsichtigkeit) angebracht werden muss.

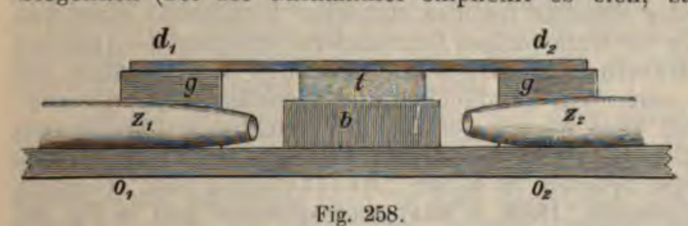


Fig. 258.

Andere bekannte Gaskammern sind jene von Fritsch (Fig. 259) und von Engelmann (Fig. 260). Beide haben keinen den hängenden Tropfen abplattenden Glasblock, in beiden liesse er sich jedoch leicht aufkitten.

Die Kammer von Fritsch ist ganz aus Glas. *O*—*O* ist ein grosser Objectträger. Auf diesem ruht der bei *g*—*g* abgeschlossene, eigenthümlich aus Glas geblasene Gasraum *G* auf. Zu ihm gehen gleich angeschmolzenen Gaszuleitungsröhrchen *r* und r_1. Auf dem ebenfalls abgeschliffenen Halse *h*—*h* des Gasraumes *G* ruht das Deckglas *d*—*d* mit dem hängenden Tropfen *t*, in dem sich die zu untersuchenden Objecte befinden.



Fig. 259.

Die Engelmann'sche Gaskammer besteht aus einem metallenen Kasten *k*—*k*, in den die Gasleitungsröhren *r*—r_1 münden. Auf einer Oeffnung des Kastens liegt das Deckglas *d*—*d* mit dem hängenden Tropfen *t*. Gegenüber dieser Oeffnung ist für den Lichteinfall die mit einer Glasplatte verschlossene Oeffnung *O*. Zur Dichtung der beweglichen Theile dient bei beiden Kammern so wie bei den früher beschriebenen Talg u. dergl. Für grösseren Gasdruck wird man allerdings besser ein geschmolzenes Gemenge von Wachs und

Geigenharz (Colophonium) benützen. Ich bemerke noch, dass sich auch Glasröhrchen zu Gasversuchen benützen lassen, wenn man es mit sehr kleinen Lebewesen, wie z. B. Bakterien, zu thun hat. Man nimmt nämlich dünnwandige, grössere Röhrchen, lässt die Objecte in der Nährflüssigkeit, z. B.

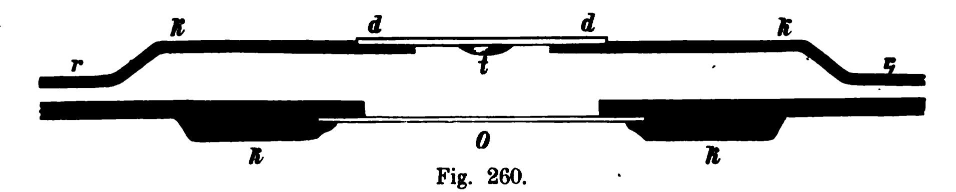


Fig. 260.

Fleischwasserjauche, Heuaufguss etc., durch Saugen in die Röhre eintreten und bläst den grössten Theil der Nährlösung wieder aus. Im feinen, an den Röhrchenwänden bleibenden Flüssigkeitsüberzug sind genug Lebewesen zur Beobachtung übrig. Lässt man nun in das Röhrchen ein Gas eintreten, so ersetzt es einigermassen eine Gaskammer.

2. Die elektrischen Objectträger.

Um auf lebende Objecte unter dem Mikroskope den elektrischen (galvanischen) Strom oder einzelne Impulse statischer Elektricität einwirken zu lassen, hat man schon vor Mitte vorigen Jahrhunderts verschiedene Apparate construirt, welche in Harting und Dippels classischen Werken über das Mikroskop beschrieben sind. Was Handlichkeit und Zuverlässigkeit anbelangt, sind dieselben, wie auch viele neuere derartigen Vorrichtungen, keineswegs auf der Höhe der Zeit. Dies hat Dr. O. Lehmann, Professor der Elektrotechnik am königl. Polytechnicum Dresden, in seiner „Molekularphysik“ (Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1889, S. 834) ausgesprochen und in Fig. 367 des ersten Bandes citirten Werkes einen sehr vollkommenen elektrischen Objectträger angegeben, der indessen blos für Forschungszwecke bestimmt ist und den der Praktiker viel zu selten zu benützen in die Lage kommen wird, um sich ihn anzuschaffen.

Für umfassende wissenschaftliche Versuche bedarf man überdies sogenannter „unpolarisirbarer“ Elektroden,[1]) da unoxydirbare Elektroden (aus Platin) bei Anwendung galvanischer Ströme bekanntlich aus Wasser Sauerstoff und Wasserstoff entwickeln. Bei organischen Flüssigkeiten bildet sich am negativen Pole eine Anhäufung von Alkalien, am positiven Pole treten Säuren auf. Diese mit der Elektrisation auftretenden chemischen Agentien stören das Bild der rein elektrischen Einwirkung. Bei Anwendung statischer Elektricität, etwa Schlägen von Leydnerflaschen, und bei Benützung faradischer und Rhumkorff'scher Inductionsströme treten die chemischen Wirkungen im Vergleiche zu den rein physiologischen vollständig in den Hintergrund. So wird die Flimmerepithelbewegung durch den chemischen Reiz des galvanischen Stromes erhöht, durch die faradische Elektricitätsart vermindert. Zur Anwendung faradischer, Rhumkorff'scher und statischer Elektricitätseinwirkungen auf lebende Objecte unter dem Mikroskope sind die unpolarisirbaren Elektroden entbehrlich, es kann daher der oben beschriebene, vom Verfasser zur Elektrolyse unter dem Mikroskope construirte Apparat[2]) — welcher durch

[1]) Wer sich hiefür interessirt, findet in Dr. A. Zimmermann's „Das Mikroskop. Ein Leitfaden der wissenschaftlichen Mikroskopie,“ Leipzig und Wien bei Franz Deuticke, 1895, alles Wissenswerthe auf S. 232 ff.

[2]) Vergl. Dr. W. Kaiser. Apparat zur Elektrolyse unter dem Mikroskope, in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw.

die eigenthümliche Stellung der Elektroden gestattet, eine grosse Anzahl der zu untersuchenden Organismen im hängenden Tropfen zwischen die Elektroden zu bringen, dort mit den stärksten Vergrösserungen zu beobachten und, da der Apparat nach Verschliessung von x (Fig. 215 oben S. 316) eine gewöhnliche „feuchte Kammer" vorstellt, im hängenden Tropfen lange lebend zu erhalten, falls sie nicht der Strom selbst vernichtet — auch zu elektrophysiologischen Versuchen mit Infusorien und Bakterien, ja auch zur Beobachtung lebender, respective frisch vom noch lebenden Körper abgetrennter Muskeln mittelst des später zu besprechenden Polarisationsmikroskopes unter der Einwirkung Faraday'scher Beeinflussung dienen; doch sind das Versuche, die dem praktischen Mikroskopiker ferne liegen. Für denselben kann allenfalls das Verhalten lebender Verunreinigungen der Gewässer zu elektrischen Strömen insoferne eine Bedeutung gewinnen, als neuerer Zeit die Reinigung der Abwässer durch den elektrischen Strom von sehr ernsten Gesundheitstechnikern, und zwar nicht ohne Erfolg versucht wurde.

Bei diesen praktischen Versuchen liegt wohl theilweise die wissenschaftliche Begründung in zwei Eigenthümlichkeiten des Verhaltens der Mikroorganismen zum galvanischen Strome, Galvanotaxis und Galvanotropismus genannt, nämlich ganz analog, wie wir sie bei der Einwirkung chemischer Stoffe als Chemotaxis und Chemotropismus (richtender Einfluss auf freibewegliche und auf Wachsthumserscheinungen festsitzender Organismen) kennen gelernt haben. Die vorhin erwähnten, bei nicht unpolarisirbaren Elektroden auftretenden chemischen Processe an den Polen werden natürlich an der Reinigung der Abwässer, beziehungsweise Tödtung lebender in den Wässern befindlicher Mikroorganismen ihren Antheil haben.

Die Fig. 261 zeigt einen Apparat, der dazu ausreicht, um dem Praktiker auf dem erwähnten Gebiete zu Experimenten unter dem Mikroskope Gelegenheit zu bieten und den man sich bei einiger Handfertigkeit ohne nennenswerthe Kosten selbst anfertigen kann, in halb natürlicher Grösse. Auf einem Objectträger *a b c d* ist auf bereits oben (S. 362) erläuterte Art und Weise eine viereckige Glaszelle $Z\, Z_1\, Z_2\, Z_3$ angebracht, mit dem Glasblocke $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta$. Unter den Leisten Z—Z_2 und Z_1—Z_3 ist je ein blos 0·1 *mm* dicker Platindraht p, respective p_1 in die Kammer eingeführt und derart gebogen, dass dessen Pole p und p_1 auf dem Glasblocke $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta$ flach aufliegen und in einer Entfernung von circa 3—4 *mm* parallel einander gegenüberstehen. Die anderen Enden der Platindrähte sind um die flachgeschlagenen Kupferdrähte d_1 und d_2 umgewickelt, verlöthet und so gebogen, dass deren Enden über den Rand des Objectträgers hervorragen. An den Enden sind die kleinen Polklemmen k und k_1 angebracht. Um das Ganze mehr zu schützen und zu isoliren, sind über den Drähten d_1 und d_2 die in der Figur schwarzen Glasplatten *a e c o* und *i b u d* mittelst heissen schwarzen Siegellacks aufgekittet, so dass natürlich nicht wie in der halbschematischen Fig. 261 die Drähte d_1 und d_2 von oben sichtbar sind, vielmehr sehen die Platten *a e c o* und *i b u d* in Folge des darunter befindlichen schwarzen Siegellacks wie schwarze undurchsichtige Ebonittafeln aus, was dem Ganzen ein elegantes Aussehen gibt.

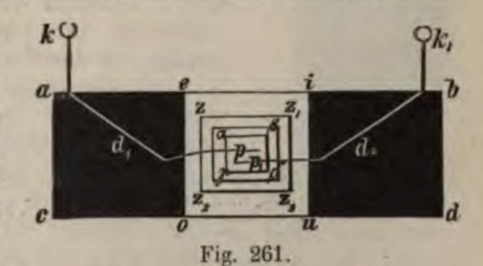


Fig. 261.

Zum Experimentiren bringt man die Polklemmen k und k_1 mittelst circa

Classe, Bd. CIV. Abth. III. Jänner 1895, S. 12, und Encyklopädie der mikroskopischen Technik von Prof. Dr. Paul Ehrlich, Prof. Dr. Carl Weigert u. a. bei Urban & Schwarzenberg, Wien und Berlin 1903, S. 729 und 730.

$^1/_2$ *mm* starker, gut mit Seide übersponnener Kupferdrähte mit der Elektricitätsquelle (sei es eine kleine galvanische Batterie, sei es ein Inductionsapparat) derart in Verbindung, dass man einen Umschalter[1]) zur Hand hat. Die neuen Trockenelemente des J. Hahn in Wien oder jene von Siemens & Halske genügen den Anforderungen an eine reinliche Elektricitätsquelle am besten. Will man aber blos constante Ströme (keine Inductionsströme) anwenden, so stört die bei einigermassen grösseren Elementen auf dem Objectträger auftretende Elektrolyse (Gasblasen an den Polen) die Beobachtung der physiologischen Vorgänge sehr. Man kann sich aber für diese Zwecke eine Batterie selbst construiren, welche eine möglichst geringe chemische, dagegen eine genügende physiologische Wirkung hat. Dies gelingt ganz leicht, wenn man aus Opodeldocgläschen, Kupferdrähten und Zinkstreifen von 2 *mm* Breite und Pergamentpapier sich eine kleine, keine schädlichen Dämpfe aushauchende „Carrésäule" verfertigt. Die einzelnen Elemente dieser Säule sind einander natürlich gleich und hat man einmal eines zusammengebracht, so bietet es keine Schwierigkeit, sich deren zehn und mehr spielend anzufertigen, selbe in passende Kästen aus Cigarrenkistenholz zu setzen und so jederzeit zur Hand zu haben.

Fig. 262 zeigt die Einrichtung eines solchen „Elementes". *O* ist das Opodeldocgläschen: in diesem steckt der Korkstöpsel *s*. Durch diesen geht der steifgeklopfte 1 *mm* starke, durch das Schlagen mit dem Hammer circa 2 *mm* breit gewordene Kupferdraht *d*, welcher im Glase U-förmig gebogen ist. In dieser U-Biegung liegt ein aus Pergamentpapier, wie solches zum Verbinden der Einsiedegläser in den Handel kommt, durch Falzen ohne Klebemittel hergestelltes circa 2 *mm* breites Säckchen (in der Fig. 262 gestrichelt dargestellt), welches das Diaphragma bildet. In diesem Säckchen hängt an dem durch den Kork gesteckten Drahte d_1 der 2 *mm* starke und ebenso breite Zinkblechstreifen *z*, welcher mit dem Drahte d_1 durch Löthung verbunden ist, wobei man gut thut, die Löthstelle mit Asphalt zu überziehen. (Auch Asphaltlack genügt.) In das Pergamentpapier-Diaphragma, dessen Falze man mit Glaserkitt gut verstreicht, kommt reines Brunnenwasser, in das Opodeldocgläschen kommen recht klein zerklopfte Kupfersulfatkrystalle *K*, worüber man ebenfalls



Fig. 262.

Wasser bis 1 *cm* unter den Kork giesst. Verbindet man die Pole *d* und d_1 (*d* ist ausserhalb der Flüssigkeit der positive, d_1 der negative Pol) miteinander (man nennt dies „Kurzschluss" des Elementes), so circulirt ein schwacher Strom; das Kupfersulfat wird zersetzt, die Schwefelsäure wird frei u. s. w., wie dies in jedem Lehrbuch der Physik beim Daniel-Element nachgelesen werden kann. Schaltet man zehn solcher „Elemente", nachdem jedes derselben etwa eine halbe Stunde „kurz geschlossen" gewesen ist, derart, dass man den Kupferpol des einen mit dem Zinkpol des anderen verbindet, bis schliesslich ein Zink- und ein Kupferpol als Endpole erübrigen, so wird man, wenn man den einen Poldraht mit der mit Salzwasser befeuchteten linken [illegible]and anfasst und mit der behandschuhten und dadurch isolirten rechten Hand [illegible] eine empfindliche, vorher befeuchtete Körperstelle (z. B. die Schläfe) [illegible]rt, schon an sich eine bedeutende physiologische Wirkung, etwa einen [illegible]ntensiven Lichtblitz im Auge fühlen, während die Batterie, mit einem [illegible]ersetzungs-Apparate in Verbindung gesetzt, nur schwache Wirkungen [illegible] wird, sich also zu unseren Zwecken gut eignet und dies umsomehr,

[1]) [illegible] beziehen durch Reiniger, Gebbert & Schall, Wien, IX. Universitätsstrasse 12 [illegible]e 2) unter dem Namen „Stromwender" nach Prof. v. Strümpell für 14 *K*.

als zu deren Füllung keine freien Säuren in Verwendung kommen, die Batterie keine die Instrumente schädigenden Dämpfe aushaucht und viele Stunden lang constant wirkt, auch wenn sie in einem fort thätig ist. Sollten sich die Pergamentsäckchen verschlemmen, das heisst mit Zinkschlamm füllen, so ist es bei der leichten Herstellbarkeit derselben am besten, das verschlemmte oder sonst schadhaft gewordene wegzuwerfen und ein neues an dessen Stelle zu setzen, ebenso wenn sich diese Säckchen nach einiger Zeit mit rothen Kupferausscheidungen überziehen.

An Räderthieren, Infusorien, an Pflanzenzellen und Bakterien lassen sich, falls man einen etwa mit zwei Elementen armirten Inductionsapparat zur Verfügung hat, sehr interessante elektrophysiologische Versuche anstellen, bei denen man einmal die Wirkungen sogenannter constanter Ströme mittelst der selbstangefertigten Batterie, ein andermal mit dem Inductionsapparate jene der intermittirenden primären sowie der faradischen oder inducirten Ströme beobachtet. Man sieht dabei stets bei offenem Stromkreise in das mit dem elektrischen Objectträger versehene Mikroskop und orientirt sich über die Vorgänge in der Nähe eines oder des anderen Poles in dem hängenden Tropfen. Dann lässt man, indem man mittelst des Umschalters den Strom — noch fortwährend in das Instrument blickend — schliesst, die Elektricität wirken und vergleicht das Verhalten der Zellen, Infusorien, Bakterien etc. mit jenem, welches sie zeigten, als der Strom noch nicht durchging. Hat man z. B. Paramaecien im Gesichtsfelde, so zeigen dieselben beim Eintritt eines schwachen, constanten Stromes lebhaftere Bewegung, dann Involutionserscheinungen und endlich Auflösung; bei faradischen oder starken constanten Strömen werden sie, wie vom Blitze getroffen, plötzlich in der Bewegung gehemmt, sowie man den Umschalter schliesst, und man kann dann einen Moment lang die sonst in Flimmerbewegung begriffenen und daher schwer sichtbaren Flimmerhaare wahrnehmen. Näher auf diese und andere elektrische Versuche, insbesondere auf die Messung der wirksamen Stromstärken unter dem Mikroskope einzugehen, verbietet leider der Raum und der Zweck dieses Leitfadens.

3. Der heizbare Objecttisch und die Wärmekästen.

Um Objecte auf dem Objecttische des Mikroskopes der Einwirkung der Wärme auszusetzen, hat man früher einfach ein kleines Spirituslämpchen unter denselben gehalten. Dies genügte wohl für manche kurzdauernde wissenschaftliche Demonstrationen, nicht aber für die dem Praktiker wichtigste Anwendung höherer Temperaturen bei Züchtung gewisser Bakterienarten im „hängenden Tropfen" unter dem Mikroskope. Durch das Unterhalten einer Spiritusflamme unter den Objecttisch wird, ganz abgesehen von dem barbarischen Vandalismus, den ein solches Verfahren gegenüber den modernen, oft wahre Kunstwerke der Mechanik repräsentirenden Mikroskopstativen bedeuten würde, der Zweck, die Objecte auf dem Tische während der Beobachtung einer constanten Temperatur auszusetzen, nicht erreicht.

Auch der heizbare Objecttisch von Schulze, welcher aus einer durch an der Unterseite angebrachte Leisten aus Holz oder sonst einem schlechten Wärmeleiter vom Objecttische des Mikroskopes isolirten, hufeisenförmigen Metallplatte mit Lichtöffnung in der Mitte und um diese angebrachten Thermometer besteht, welche durch zwei an den beiden Schenkeln des Hufeisens angebrachte Spirituslampen erwärmt wird und auf den der Objectträger mit dem zu beobachtenden Objecte über die Lichtöffnung gelegt wird, leidet zum Theile an vorgedachtem Fehler und auch daran, dass das Thermometer nicht jene Temperatur zeigt, welche das Object selbst hat, sondern eine höhere, ein Fehler, den übrigens auch manche der im Folgenden beschriebenen Heiz-

vorrichtungen, wenn auch in geringerem Grade als Schulze's heizbarer Objecttisch, an sich haben.

Man hat neuerer Zeit versucht, einestheils um eine constante Temperatur zu erhalten und andererseits um das Object selbst einer genauen messbaren Temperatur auszusetzen, Objecttische zu construiren, bei welchen nicht das Metall direct, sondern mit Hilfe von Wasser, welches in kleinen Kesselchen erwärmt wird, also mittelst einer Art Warmwasserheizung erhitzt wird.

Wir wollen hier nur einige der auch dem über keine elektrische Starkstromleitung verfügenden Mikroskopiker zugänglichen heizbaren Objecttische anführen und von den neuesten, auf dem Principe der calorimotorischen Wirkung starker elektrischer Ströme beruhenden Instrumenten,[1]) die eines Starkstromes bedürfen und wegen ihres hohen Preises beim mikroskopirenden Praktiker wohl kaum in Betracht kommen dürften, absehen.

Fig. 263 zeigt uns halbschematisch den heizbaren Objecttisch des berühmten Histologen **Ranvier**; er besteht aus einem blechernen Kasten, in dessen innere Höhlung O—O_1 seitlich das Präparat P eingeschoben wird. Das Licht fällt durch O_1 ein, geht durch das Präparat P hindurch und gelangt dann in den Tubus, welcher in die trichterförmige Oeffnung bei O eingesenkt und dem Objecte beliebig genähert werden kann. Die Heizung geschieht durch heisses Wasser, welches durch die durch Schläuche mit einem Kesselchen verbundene Röhre R eintritt, durch die Scheidewand s gezwungen wird, um den Lichtdurchlass herumzugehen und dann durch R_1 abströmt. Das Thermometer T lässt die Temperatur ablesen. Da das Object hier vom Heizwasser sozusagen umgeben ist, so hat es annähernd genau dieselbe Temperatur, die das Thermometer anzeigt.

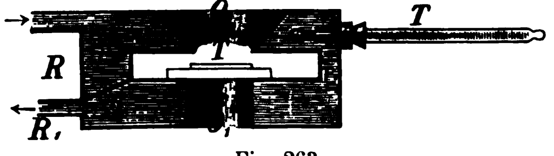


Fig. 263.

Der Uebelstand, dass das Object nicht am Mikroskoptische, also bei der Beleuchtungsvorrichtung bleiben kann, wenn **Ranvier**'s Tisch angewendet wird, hat **Israël** bewogen, eine Art Blechdose, durch welche heisses Wasser circulirt, auf das auf dem Objecttische liegende Object zu legen.

Hat der Tisch, wie jetzt so häufig, eine Hartgummiplatte, so lässt sich das Object durch die Dose leicht erwärmen; bei Metallplattentischen dürfte dies schwerer gehen, da dann das ganze Instrument Wärme absorbirt. Fig. 264 zeigt die **Israël**'sche Dose von oben, das heisst von der oberen Seite, wo sich die Trichteröffnung L für das Objectiv befindet. D ist die Dose, in welche durch M Wasser in heissem Zustande ein-, durch die Scheidewand s genöthigt um L herum- und dann beim Thermometer T, das in ein Glasrohr g eingelegt ist (welches Glasrohr wieder bei t in einen Tubulus der Dose mit Minium eingekittet ist), vorbei durch eben dieses Glasrohr abgeleitet wird.



Fig. 264.

Sowohl bei dem heizbaren Tisch Fig. 263 als Fig. 264 ist es zur

[1]) Ein solches ist der elektrisch heizbare Objecttisch von **Ehmann**. Dieser Tisch ist bei C. Reichert in Wien zu haben und kann auf jedem grösseren Mikroskope aufgesetzt und mittelst zweier Schrauben befestigt werden. Wer in der Wohnung oder im Laboratorium

Verminderung der Wärmeabgabe an den in die Trichteröffnungen eingesenkten Tubus zu empfehlen, das Objectiv mit Watte zu umwickeln. Beide Vorrichtungen hindern jedoch die freie Manipulation mit dem Objecte — die Ranvier'sche dadurch, dass das Präparat in den Tisch hinein, die Israël'sche dadurch, dass die Dose auf das Object gelegt wird. Diesem Uebelstande ist abgeholfen im Objecttische Löwit's Fig. 265. Hier strömt das Wasser durch die Röhren R und R_1 durch ein in dem flachen Tische angebrachtes Canalsystem (in der Zeichnung punctirt) um die Lichtöffnung C herum. Auf den Tisch kommt das Object, in die Oeffnung C kann ein Condensor eingesetzt werden, um die Anwendung stärkster Systeme zu gestatten. Das in den Tisch eingelassene Thermometer T zeigt die Temperatur an, welche in dem Tische A B C D herrscht.

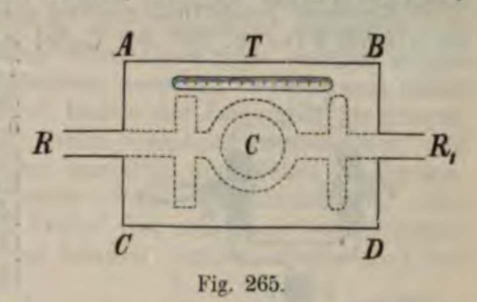


Fig. 265.

Fig. 266 zeigt den Löwit'schen Tisch in der Form, wie ihn C. Reichert in Wien construirt. Er wird mit den Schrauben A und A_1 am Objecttische des Mikroskopes befestigt (muss also adaptirt werden). B und B_1 sind die Schläuche zur Ein- und Ableitung des Wassers. C ist ein Condensor, der dem Tische, welcher 50 K kostet, beigegeben wird, um auch bei stärksten Vergrösserungen mit Oelimmersionen beobachten zu können. Dr. Spietschka hat einen sehr praktischen Apparat zur Vorwärmung des Heizwassers, das in dem heizbaren Objecttische circulirt, angegeben, der bei C. Reichert für 16 K zu haben ist.



Fig. 266.

Die in Fig. 267 abgebildete Einrichtung stellt in A ein beliebig grosses Wassergefäss dar, aus welchem das Wasser in die Spirale B geleitet und mittelst Bunsenbrenners (der am besten mit automatischer Regulirung des Gasdruckes versehen ist) auf eine beliebige Temperatur erhitzt wird. Durch den Quetsch-

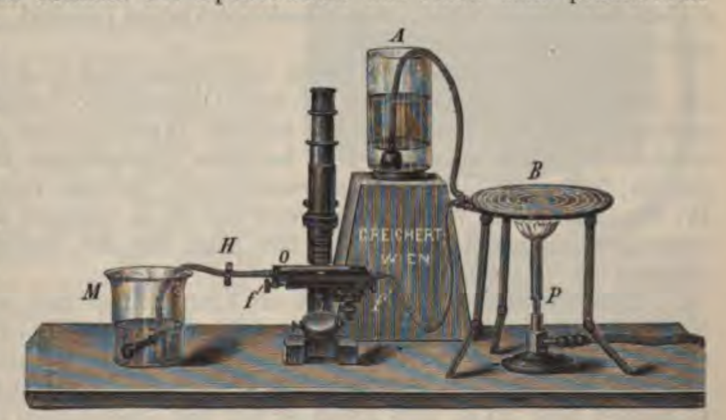


Fig. 267.

elektrisches Licht eingeführt hat, vermag sowohl mit Gleichstrom als mit Wechselstrom den Tisch zu heizen, denn er braucht blos das zum Tisch gehörige Leitungskabelende, welches die übliche Glühlampenfassung trägt, an Stelle einer aus dem Wandarm oder Luster herausgenommenen Glühlampe einzusetzen. Die Wärme lässt sich von 25°—45° C. reguliren und bleibt so constant, dass die Schwankungen blos 0·1° betragen. Der Apparat kostet 200 K, ist also als blosser Nebenapparat etwas kostspielig.

aber nicht, weil das Object durch Wärmeabgabe an das Objectiv stets abgekühlt wird (besonders bei starken Objectiven von kurzer Brennweite) und deshalb am Thermometer stets eine etwas höhere Temperatur abgelesen wird, als sie die der Erwärmung unterworfenen Objecte besitzen. Engelmann hat auf diese Fehler schon 1868 im Archiv für mikroskopische Anatomie aufmerksam gemacht und durch Einschaltung eines die Wärme weniger gut als Metall leitenden Zwischenstückes aus Elfenbein zwischen Objectiv und Tubus zu beheben gesucht. W. Pfeffer hat im 7. Bande der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie auf S. 433 ff. einen ziemlich complicirten, mit automatischem Wärmeregulator versehenen, aus Glas und Metall zusammengesetzten heizbaren Objecttisch beschrieben (vergl. Zimmermann, „Das Mikroskop", S. 229), welcher von obigem Fehler frei sein soll, jedoch wegen seiner Complication im Allgemeinen wenig benützt werden dürfte und auf den von uns hier deshalb nicht weiter eingegangen werden kann. Viel häufiger wird, auch von Praktikern, nach Sachs' Vorgange das ganze Mikroskop in einen Kasten hineingestellt, so dass nur Tubus und Einstellvorrichtungen herausragen. Der Kasten wird durch eine Gasflamme mit automatischer Zuflussregulirung (Thermostat oder Thermoregulator genannt), wie wir solche bei Besprechung der Bakterienculturen weiter unten kennen lernen werden, erwärmt. Natürlich hat der Kasten eine Oeffnung zum Lichteinfall, welche verglast ist, und bestehen die Wände desselben aus schlechten Wärmeleitern (Mahagoniholz, wenn nur die Wand dick genug ist, genügt; Asbest, welcher immer für einen schlechten Wärmeleiter gehalten und zu derlei Apparaten mitunter verwendet zu werden pflegt, ist neueren Untersuchungen zufolge durchaus kein so schlechter Wärmeleiter, wie man früher geglaubt hat) mit gut schliessenden Thüren zum Einlegen der Präparate. Fig. 270 zeigt einen nach L. Pfeiffer von C. Zeiss in Jena construirten Wärmekasten. Die Vorrichtung besteht aus einem das ganze Stativ umgebenden Mahagonikasten, der nahezu luftdicht schliesst; die vordere Wand desselben hat ein Glasfenster für den zum Beobachten nöthigen Lichteinfall; die linke und rechte Wand (vom Beobachter aus) hat je eine gut schliessende Klappe, um den Händen zum Bewegen des Präparates Zutritt zu geben. Das Ganze steht auf einer dicken Metallplatte mit drei Metallfüssen. Der Thermoregulator gestattet eine Erwärmung von 25°—50° C. (durch die die Metallbasis erwärmende kleine Gasflamme, sogenannten Mikrobrenner) und vertragen die Stative und Objecivte Temperaturen ohne Schaden, die 45° C. nicht übersteigen. Aehnliche Wärmekästen liefern auch viele andere Firmen als Zeiss. C. Reichert in Wien z. B. liefert einen für seine Stative II, II b und III bestimmten Wärmekasten, der ausser mit Gas auch mit Spiritus geheizt werden kann, und einen ähnlichen zur Heizung



Fig. 270.

mit [illegible] Wasserstrom [illegible] Prof. Dr. Molisch („Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen“, Jena, 1897) hat einen neuen Kältekasten für Mikroskope [illegible] angegeben, welcher in den doppelten Wänden mit einer Kältemischung (z. B. Schnee oder zerhacktes Eis und Salz) gefüllt werden kann und ein eigens construirtes Stativ [illegible] mit [illegible] regulirbarer Einstell- und Beleuchtungsvorrichtung sowie ebenso beweglichem Objecttisch in seinem Innern aufnimmt.

Wir gehen auf die nähere Beschreibung dieses für den Praktiker minder wichtigen, [illegible] in Wien erhältlichen Apparates nicht ein, sondern verweisen auf die Beschreibung in Nr. 6 der „Oesterreichischen Chemiker-Zeitung“, herausgegeben von Hans Heger und Dr. Strassny in Wien, [illegible] gasse [illegible] 1898.

[illegible]

4. [illegible] zur mikroskopischen Betrachtung

[illegible] Tropfen [illegible] bewegende lebende Objecte [illegible] Vergrösserungen sehr rasch aus dem Gesichtsfelde [illegible] z. B. Bakterienreinculturen, so liegt [illegible] daran, da dann an Stelle der verschwindenden Objecte rasch andere in Hinsicht auf ihre Beobachtung gleichwerthige treten. Anders ist dies, wenn, wie z. B. bei Wasseruntersuchungen, vereinzelte bewegliche Wesen, die uns interessiren, unter vielen anderen weniger wichtigen vorkommen. Hier muss man trachten, entweder die einzelnen Objecte durchwegs in ihren Bewegungen zu beschränken oder einzelne, falls sie gross genug dazu sind, zu isoliren und allein in einem winzigen Tröpfchen ihres Lebensmediums unter das Mikroskop zu bringen. Die Hemmung der Bewegungen geschieht nach einer alten, aber für den Praktiker ihrer Einfachheit wegen sehr werthvollen Methode ohne Beschädigung der lebenden Objecte dadurch, dass man in den Tropfen zwischen Objectträger und Deckglas vor Beginn der Beobachtung ein etwa um [illegible] Deckglas geschnittenes Stückchen sogenannte [illegible] bringt. In den Maschen dieses feinen Seiden- [illegible] bei Seidenwarenhändlern, meistens aber bei [illegible] Mühlen und Fabriken zu haben ist, werden [illegible] Bassins zurückgehalten und können [illegible] entweichen. Sorgt man dafür, dass von Zeit zu [illegible] Tropfen der Beobachtungsflüssigkeit [illegible] Objecte stundenlang beobachten. [illegible] Nachtheilen der Beobachtungsflüssigkeit [illegible] so bringt man die Müllergaze

[illegible] Beobachtungsflüssigkeit [illegible]

bei länger währenden Beobachtungen zur Vermeidung der Verdunstung in eine Wachszelle, die man sich anfertigt, indem man ein Stückchen dünnes Wachskerzchen anzündet, bald auslöscht und mit dem noch flüssiges Wachs enthaltenden Docht auf dem Objectträger eine der Gestalt des Deckgläschens entsprechende Figur beschreibt, so dass ein von einem circa $^1/_2$ *mm* hohen Wachswall umgebener Raum entsteht; auf den Wachswall wird das Deckglas (nach Einbringung des Tröpfchens in die mit der Müllergaze versehene Wachszelle) luftdicht aufgedrückt. Dadurch hat man sich eine eigenartige „feuchte Kammer" construirt, welche sich aber zur Beobachtung von Objecten bei höheren Wärmegraden nicht eignen dürfte, da das Wachs sonst zu weich wird. In diesem Falle kann man statt des Wachses Stearin nehmen (gewöhnliche Kerzenmasse), in einem Schälchen schmelzen und mit Hilfe eines Pinsels eine Stearinzelle schaffen, die schon höhere Temperaturen zulässt, ohne dass sie weich wird und schmilzt. Um grössere, mit freiem Auge sichtbare, in Flüssigkeiten suspendirte Objecte zu isoliren, verfährt man am besten wie folgt:

Man bringt einen grösseren Theil der Flüssigkeit auf einen tiefen Glasteller, den man am Boden auf der Aussenseite zur Hälfte mit schwarzem Asphaltlack angestrichen hat, so dass die eine Hälfte des Tellers weiss, die andere schwarz ist (weil manche Objecte auf schwarzem Grunde besser hervortreten), und beobachtet nun, nachdem man den Teller auf weisses Papier gestellt hat, eventuell mit Hilfe einer Lupe die in dem Teller umherschwimmenden Objecte (z. B. Infusorien). Dabei hält man in der einen Hand die Lupe, in der anderen ein beiderseits offenes, unten in der Flamme etwas (nicht zu stark) durch Ausziehen verengtes Glasrohr über den Flüssigkeitsspiegel. Nimmt man eines der gesuchten Objecte wahr, so verfolgt man es und sucht die engere Oeffnung des Glasröhrchens gerade über dasselbe zu bringen, während man mit einem Finger das weitere Ende des Glasröhrchens zuhält. In dem Augenblick, wo sich das zu isolirende Object unter der engeren Oeffnung des Glasröhrchens befindet, lüftet man den Verschluss der oberen Oeffnung des Glasröhrchens durch Heben des Fingers und die unten eindringende Flüssigkeit reisst das gewünschte Object in das Glasröhrchen mit. Nun drückt man oben wieder den Finger auf und transportirt den Tropfen sammt dem Object auf ein Stückchen schwarzes oder weisses Papier oder eine zur Hälfte mit weissem, zur Hälfte mit schwarzem Lack bestrichene Glasplatte etc., und zwar ergibt sehr bald die Erfahrung, ob man ein Object besser auf schwarzem oder weissem Grunde wahrnimmt. Der transportirte Tropfen enthält meist das gesuchte Object und man kann es auf gleiche Weise mit Hilfe eines noch engeren Röhrchens aus demselben herausfangen und in einem winzigen hängenden Tropfen oder einer feuchten Kammer unter das Mikroskop bringen. Sind mehrere Objecte vom Teller in das Röhrchen gerissen worden, kann man sie durch Theilen des transportirten Tröpfchens separiren u. s. w., kurz diese Methode, die es Geübteren gestattet, mit langen Glasröhrchen lebende Objecte nicht nur aus einem Teller, sondern aus Einsiedegläsern, Aquarien, ja mit entsprechend grossen Glasröhren sogar aus klaren Tümpeln und Pfützen herauszufangen, bietet viele Vortheile. Der Verfasser hat sich bei Untersuchung unbekannter, von Mikroorganismen belebter Gewässer der in der Fussnote auf S. 137 dieses Leitfadens beschriebenen schemelartigen Präparirvorrichtung bedient, indem er Portionen des zu untersuchenden Wassers auf den Glasteller des Präparirschemels brachte, dieselben mit dem Spiegel von unten durchleuchtete und mit der Lupe absuchte und die zu beobachtenden Objecte vom Glasteller mit obigem Glasröhrchen fing, transportirte, separirte und schliesslich isolirt der Beobachtung unterzog. Sich statt des Fingerverschlusses einer Gummikappe zu bedienen, welche beim Suchen zusammengedrückt gehalten, beim Fangen aber losgelassen wird (wie solche Blücher und andere

empfehlen) hat Verfasser überflüssig gefunden; auch unterliegen diese Gummikappen raschem Verderben, worauf sie ihre Elasticität verlieren und beim Auslassen zusammengedrückt bleiben.

5. Einfluss des Lichtes. — Beobachtungs- und Nährflüssigkeiten für lebende Objecte im Allgemeinen und für Bakterien insbesondere.

Wir haben im Vorigen die Vorrichtungen betrachtet, mittelst deren es möglich ist, lebende Objecte in ihren biologischen Functionen unter dem Mikroskope zu beobachten, und auch gehört, wie sie ins Gesichtsfeld gebracht und daselbst festgehalten werden können. Auch haben wir die Instrumente und Apparate kennen gelernt, welche gestatten, sie chemischen und physikalischen Agentien auszusetzen. Wir haben dabei das Agens „Licht" übergangen, da ja das Mikroskop mit seinem Blend- und Spiegelapparate ohnedies die vielfach modificirbare Anwendung dieses Agens nicht nur gestattet, sondern geradezu voraussetzt. Ein Einwirkenlassen von **Licht** auf lebende Organismen (grüne, chlorophyllhältige Süsswasseralgen), also einen photophysiologischen Versuch haben wir in dem **Engelmann**'schen Versuche kennen gelernt, und wahrlich, unsere modernen Mikroskope mit ihren starken Beleuchtungsvorrichtungen bedürfen keiner weiteren Veranstaltungen, als wir sie bei diesem Versuche angewendet haben! Auch directes Sonnenlicht lässt sich mit dem Spiegel bei fleissigem Nachrücken je nach dem Stande der Sonne durch das unter dem Mikroskope befindliche Object längere Zeit hindurchsenden, wenn anders überhaupt Sonnenlicht zur Verfügung steht; doch darf man nach den im allgemeinen Theile dieses Leitfadens erwähnten Grundsätzen in das von der Sonne beleuchtete Mikroskop nicht hineinblicken, da, abgesehen von dem schädlichen Einflusse, den directes Sonnenlicht auf die Augennerven ausübt, die auf das Heftigste auftretenden Interferenzerscheinungen jede rationelle Beobachtung unmöglich machen würden. Man richtet daher, so wie man zu beobachten beginnt, den vorher direct gegen die Sonne gerichtet gewesenen Spiegel gegen eine weisse Wand, ein weisses, sonnenbeschienenes Rouleau u. dergl.

Will man Beobachtungen über den Einfluss monochromatischen, also z. B. rothen, blauen, grünen Lichtes auf die zu untersuchenden lebenden Objecte (z. B. Pflänzchen) anstellen und man hat kein Mikroskopstativ mit Substage-Apparat,[1]) bei welchem man einfach die Glasplatten von den gewünschten Farben in den Blendenträger des Substage einsetzt, zu welchem Zwecke man sich selbe vom Glaser passend zuschneiden lässt oder bei einiger Dexterität selbst zuschneidet und zufeilt, oder keine so zugerichteten Glasplatten zur Verfügung, so hilft man sich damit, dass man entweder ein Stückchen des Farbglases unter die Blendöffnung des Objecttisches mit etwas Terpentinwachs anklebt oder einfach ein passend geschnittenes Stück färbigen Glases auf den Objecttisch bringt und das Object auf dem Objectträger, respective in der feuchten Kammer über dieser farbigen Platte auf den Objecttisch auflegt.

Mit diesen Hilfsmitteln dürfte der Praktiker bei Beobachtungen lebender Organismen ausreichen,[2]) wo es sich darum handelt, selbe unter dem Einflusse des Lichtes, respective verschiedenen Lichtes zu untersuchen.

Wenn wir Objecte in einem Flüssigkeitstropfen jener Flüssigkeit, in der wir sie lebend gefunden, in der feuchten Kammer unter dem Mikroskope

[1]) Vergleiche, S. 52 dieses Leitfadens.

[2]) [illegible] wissenschaftlichen Untersuchungen der Einwirkung **monochromatischen** [illegible] auf lebende Objecte kann ein Spectralapparat, wie z. B. der **Beleuchtungsapparat** [illegible] monochromatisches Licht von **Hartnack** oder das **Mikro-**

längere Zeit beobachten, werden wir nach längerer oder kürzerer Zeit die Wahrnehmung machen, dass dieselben Involutionserscheinungen zeigen, das heisst eigenthümliche, krankhafte Formen anzunehmen beginnen und schliesslich absterben, auch wenn wir den Tropfen durch gutes Verkitten der Deckglas- und Zellränder mit Vaselin, Unschlitt, Wachs u. dergl. hermetisch abgeschlossen und vor Verdunstung geschützt haben. Schon Harting hat darauf hingewiesen, dass diese Erscheinungen davon herrühren, dass die kleinsten Organismen, namentlich solche, die im Wasser leben, die Sauerstoffmengen im Tropfen verbrauchen und dann an Erstickung zu Grunde gehen; ja, Harting führt diese Involutionserscheinungen oft absichtlich herbei, um z. B. raschbewegliche Infusorien in ihrer Asphyxie, in welcher sich ihre Bewegung mässigt,[1]) gemächlich betrachten zu können. Durch Zuführung von Luft in der Gaskammer lässt sich dem Ersticken der Organismen allerdings vorbeugen, aber selbst hier sieht man alsbald Involutionserscheinungen, namentlich bei etwas höher organisirten Wesen, auftreten, und dies hat dann seinen Grund in der Verdunstung der Beobachtungsflüssigkeit. Wenn wir dann auch diese irgendwie, etwa durch Zutropfen von demselben Wasser, aus welchem das Beobachtungsmateriale stammt, ersetzen, so treten doch noch oft Involutionserscheinungen auf, und diese unerwünschten Uebelstände haben darin ihre Ursache, „dass das Object allmälig in eine ganz andere Flüssigkeit gelangt, da ja die mineralischen Bestandtheile des Wassers nicht mitverdunsten, das Wasser unter dem Deckglase also an diesen fortwährend reicher wird", wie W. Behrens dies so klar ausdrückt. Man wird also dort, wo die Objecte gegen die Beobachtungsflüssigkeit sehr empfindlich sind, mit den feuchten Kammern nicht ausreichen, sondern um gemächlich längere Beobachtungen (viele Tage hindurch) anzustellen, für einen regelmässigen Wechsel oder besser gesagt für eine regelmässige Zufuhr der Beobachtungsflüssigkeit Sorge zu tragen haben. Die Technik des modernen Mikroskopes gibt uns auch hier zahlreiche Hilfsmittel an. Einen sehr compendiösen Behelf für diese Zufuhr hat Af. Klercker angegeben.

Er wählte als das Wasser liefernden Behälter ein des Staubes wegen mit einer Glasplatte bedecktes Becherglas, welches neben dem Mikroskope steht und recht hoch sein kann. Ein als Heber gekrümmtes Glasrohr taucht in dieses hohe Becherglas. Durch das Glasrohr zieht Professor Klercker einen Streifen Filterpapier, ich aber habe lockeren Baumwolldocht, wie er für die gewöhnlichen Glasspiritus-Lampen in den Laboratorien dient, zweckmässiger gefunden. Dieser Docht hängt aus dem Glasrohr auf die linke Seite des Objecttisches herab, auf welchem das zu beobachtende Präparat liegt, und berührt einen ungestärkten, gut ausgekochten Leinwandstreifen, der unter das Deckglas bis an's Präparat, respective das lebende Object reicht. Dieses liegt zwischen zwei seitlichen Deckglasstreifen, oder wenn es dicker ist, zwischen zwei aus Objectträgern geschnittenen Glasleisten, welche es parallel mit der langen Seite des Objectträgers umgeben. Ein zweiter Leinwand-

---

spectralobjectiv von Engelmann (beide zu beziehen durch C. Zeiss in Jena, respective dessen Wiener Vertreter Fromme in Wien, Ferstelgasse 1, oder Erwin Kosak, IX. Universitätsstrasse 12), welche das durch Glasprismen in seine Spectralfarben zerlegte Licht in allen einzelnen Farben auf das Object unter dem Mikroskope einwirken zu lassen ermöglichen, wohl kaum entbehrt werden. In diesem für Praktiker bestimmten Leitfaden dürfte die Beschreibung dieser Apparate an dieser Stelle entfallen können.

[1]) Harting empfiehlt an derselben Stelle als Mittel, um kleine, sehr bewegliche Thierchen bezüglich der Function ihrer Organe beobachten zu können, die Hinzugabe von Tropfen giftiger Flüssigkeiten an den Rand des Deckglases, unter dem die Thierchen sich befinden, z. B. Aether, Chloroform, Tinct. Opii Aquosa, Aq. laurocerasi, ja sogar Strychn. nitricum, und meint, dass vor dem gänzlichen Absterben der oft sehr zählebigen Wesen ein Zustand der Ruhe eintritt, bei welchem nicht nur die Organe derselben, sondern auch deren Verrichtungen deutlich wahrnehmbar sind.

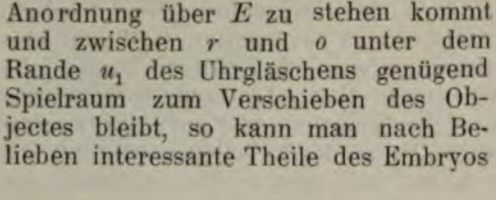
Hat man aber dagegen die Absicht, einen Forellenembryo längere Zeit zu beobachten, um nicht blos die normalen Lebensvorgänge, wie Herzschlag, Blutlauf, Athmung u. s. w., sondern auch das im embryonalen Stadium sichtlich rasch vor sich gehende Wachsthum zu beobachten, will man also sehen, wie das mit dem Darmepithel zusammenhängende Ectoderm ermöglicht, dass der Inhalt der Nabelblase in den Darm übertreten und dort verdaut werden kann, was es eben erklärt, dass der Embryo, ohne auf Nahrung auszugehen oder geatzt zu werden, so lange Zeit an der Nabelblase zehrend von dem Dottergehalt der letzteren leben kann, will man weiters wahrnehmen, wie dabei der Inhalt der Nabelblase umso rascher verbraucht wird, je schneller das Wachsthum vor sich geht, und wie mit dem letzteren das Blutgefässnetz (Fig. 271, *g*) die Nabelblase (Fig. 271, *n*) immer mehr überspinnt, bis diese schliesslich verschwindet, dann muss man noch für einen viel rascheren Wechsel lufthaltigen Wassers sorgen. Als der Verfasser dieses Leitfadens in den Jahren 1885 und 1886 Leiter des Laboratoriums der von einigen Naturfreunden im „Ersten Wiener mikroskopischen Institute", I. Reichsrathsstrasse 13 und später I. Kohlmarkt 18, für das grosse Publicum veranstalteten mikroskopischen Ausstellung war, da trat an ihn die Aufgabe heran, Forellenembryonen unter dem Mikroskope für das die Ausstellung besuchende Publicum auf dem Objecttische tagelang lebend zu erhalten. Die Embryonen besorgte der bekannte Thierhändler und Aquarium-Erzeuger Bongár (im Wiener Bankbazar) und es galt nun, dieselben beobachtungsfähig zu machen. Im mikroskopischen Institute stand aber nur die Hochquellenleitung zur Disposition und da bei dieser das Wasser in geschlossenen Röhren (auch die Aquäducte sind ja solche) geleitet wird, ist es wohl meist mehr kohlensäure- als sauerstoffhältig, ähnlich wie Brunnenwasser. Es wäre auch ein sogenanntes „abgeschlagenes" Wasser den Einwohnern Wiens gewiss nicht erwünscht. Der Verfasser dieses half sich nun folgendermassen: Er legte den auf einem auf einem Objectträger mit Canadabalsam befestigten Uhrglase, welches jedoch beim Aufkitten etwas nach vorne geneigt worden war, befindlichen Embryo unter das Mikroskop, liess aus dem Bassin des Springbrunnens des Institutes geschöpftes Quellenwasser, welches durch das Ausbreiten in dem meterbreiten, flachen Bassin gewiss stark lufthältig geworden war, aus einem höheren Gefässe tropfenweise auf die Kiemenanlage (Fig. 271, *k*) des Embryos auffallen und auf der übergeneigten Seite des Uhrschälchens mit Hilfe einer aus Neusilberblech selbst hergestellten Rinne abfliessen und die Aufgabe war gelöst.

Fig. 272 zeigt diese Anlage halbschematisch. *O—O* ist der bei *l* durchbrochene Objecttisch, *o* der Objectträger mit dem etwas übergeneigt aufgekitteten Uhrschälchen *u*, *E* der darin liegende, lebende Forellenembryo, *r* die ganz flache, aus dünnstem Neusilberblech selbst hergestellte Rinne, welche man, um ihr mehr Stabilität zu geben, an der Unterseite mit Klebwachs am Objecttische befestigen kann. *B* ist ein Becherglas, in welches das Ueberfallwasser abläuft. Das Glasrohr *g*, welches durch den Kautschukschlauch *k* aus einem höheren Gefässe durch Heberwirkung Wasser empfängt und durch den Draht *d* in passender Lage über der Kiemenanlage des Embryos festgehalten wird, lässt durch die ausgezogene Oeffnung bei *u* Wasser tropfenweise austreten; die Tropfen bespülen die Kiemenanlage des Embryo und geben ihren beim Tropfen durch Absorption vermehrten Sauerstoff's an das Thierchen

---

dessen längeren, zum Objecttisch herabführenden Schenkels), die durchströmende Wassermenge durch Anwendung dickerer, mit stärkeren Dochten gefüllter Glasröhren vermehren. Natürlich muss dann auf analoge Weise durch Tieferstellen des die abgelaufene Flüssigkeit aufnehmenden Gefässes und Verstärkung der Ableitungsdochte (Leinwandstreifen) für vermehrten Abfluss vorgesorgt werden.

ab. Bei u_1 fällt das Wasser aus dem geneigten Uhrgläschen in die Rinne *r* bei *t* ab und in das untergestellte Becherglas *B*. Da das Objectiv bei dieser



Anordnung über *E* zu stehen kommt und zwischen *r* und *o* unter dem Rande u_1 des Uhrgläschens genügend Spielraum zum Verschieben des Objectes bleibt, so kann man nach Belieben interessante Theile des Embryos



Fig. 272.

unter das Objectivsystem in's Gesichtsfeld bringen und tagelang beobachten.

Wir haben an diesem Versuche gesehen, dass es sich der Technik des modernen Mikroskopes darum handelt, bei der Beobachtung lebender Objecte womöglich jene Bedingungen zu schaffen, unter denen das betreffende Wesen, sei es Thier oder Pflanze, in der freien Natur lebt und gedeiht. Man wird also z. B. Algen, die in Torfmooren vorkommen, in Wasser aus dieser Oertlichkeit untersuchen; Brackwasseralgen werden in Brackwasser, Meeresalgen womöglich in Meerwasser untersucht werden müssen.

Stehen uns aber die natürlichen Beobachtungsflüssigkeiten nicht zu Gebote, dann müssen wir die Natur durch künstliche Mittel, die sogenannten „Nährlösungen", zu ersetzen trachten. Namentlich in der Mykologie, und zwar hier wieder in der Bakteriologie spielen die Nährlösungen eine überaus grosse Rolle.

Schon Pasteur hatte für hefeartige Pilze (Saccharomyceten) eine künstliche Nährlösung angegeben:

Aqu. destill.	100
Candiszucker	10
Ammonium-Tartarat	1
Hefe-Asche	1

Als nun Koch die Bakteriologie in die medicinisch-hygienische Praxis einführte, [illegible] Nährflüssigkeiten für die Schyzomyceten an. [illegible] Leitfaden die Färbungsmethoden der Bakt[illegible] nachgewiesen, dass wir über die Rein[illegible] von Bakterien gewisser Art auf [illegible], beim „lebenden Object" nähere [illegible] diesem Versprechen nun an dieser [illegible] dass unsere Darlegungen nur dasjenige aus [illegible] was für den praktischen Mikroskopiker vor [illegible]wissenswerth ist, und keineswegs das Studium [illegible] ersetzen sollen. Wir verweisen darauf, dass,

so wie die mikroskopische Technik einen integrirenden Bestandtheil der bakteriologischen Technik bildet (siehe Vorwort zur ersten Auflage des Buches „Einführung in das Studium der Bakteriologie mit besonderer Berücksichtigung der mikroskopischen Technik". Für Aerzte und Studirende bearbeitet von Dr. med. Carl Günther in Berlin. 1891. Leipzig, Verlag von Georg Thieme), auch ein Leitfaden der modernen mikroskopischen Technik eine empfindliche Lücke aufweisen würde, wenn in demselben nicht an passender Stelle das rein Technische der Bakteriologie, das heisst die sogenannte Bakterioskopie eingeschaltet wäre. Einen Theil dieser Materie haben wir oben bei Besprechung der Tinctionsmethoden bereits behandelt, den anderen Theil müssen wir an dieser Stelle zu erledigen suchen. Die Bakterioskopie erfordert ein ziemlich umfangreiches Instrumentarium, doch sind viele Geräthschaften durch das gewöhnliche chemische Geräthe, wie es z. B. in jedem gut eingerichteten Apothekerlaboratorium zu finden ist, mit einiger Dexterität ersetzbar. Wer sich aber für Bakterioskopie einrichten will, den machen wir aufmerksam, dass die bekannte Firma Rud. Siebert in Wien, IX. Garnisonsgasse 9, die alte Firma Lenoir & Forster (Hlawaczek und Dr. Forster), IV. Waaggasse 5, W. J. Rohrbecks Nachfolger, I. Kärntnerstrasse 59, und Hermann Dümmler, IX. Schwarzspanierstrasse 4 in Wien, weiters Alois Kreidl in Prag, Hussstrasse 241, und Dr. Hermann Rohrbeck (J. F. Luhme & Co.) in Berlin, Karlstrasse 24, Lautenschläger, Berlin, Ziegelstrasse 24, die bekannte Firma Paul Altmann in Berlin und manche Andere taugliche Behelfe liefern.

Nährflüssigkeiten für Bakterien. Einiges über die Cultur der letzteren.

Wir haben bei Besprechung des Pfeffer'schen Versuches eine Nährflüssigkeit aus Fleischwasser, respective Fleischextract kennen gelernt, in welcher wir Bakterien beobachtet haben. Beim Engelmann'schen Versuch haben wir eine solche aus macerirtem Heu kennen gelernt (Heuaufguss) und wir heben hier hervor, dass sowohl Fleischwasser als Heuaufguss Flüssigkeiten sind, dass sonach diese Nährlösungen sogenannte flüssige Nährböden darstellen, im Gegensatze zu den festen Nährböden, welche neuerer Zeit fast ausschliesslich und in den verschiedensten Formen zur Anwendung gelangen. Es sind eine Unmasse von flüssigen sowohl, als festen Nährböden versucht und von den verschiedenen Gelehrten gelobt worden, in diesem Leitfaden jedoch wollen wir blos auf die wichtigsten davon eingehen.

Als flüssiger Nährboden erfreut sich grosser Beliebtheit die Nährbouillon mit Pepton. Diese Flüssigkeit wird in der Weise zu bereiten begonnen, dass man 500 *gr* Rindfleischhaché in 1 *l* Brunnenwasser gibt (und zwar muss bei dem Rindfleische alles Fett sorgfältigst herausgelöst und das Fleisch sehr fein zerhackt werden, was am besten mittelst einer der kleinen Fleischhackmaschinen, wie sie im Haushalte verwendet werden, geschehen kann) und dann das Haché durch Umrühren mit einem Glasstabe in dem Wasser gut vertheilt. Hierauf stellt man das Ganze in einen Eiskasten; in Ermanglung [illegible] solchen kann man Flüssigkeit und Fleisch in einem kleineren Metalltopfe [illegible] aus Thon stellen und den Zwischenraum mit feingehacktem [illegible] muss, ob man einen Eiskasten benützt oder sich auf andere [illegible] in dem Wasser 24 Stunden verbleiben. Dann presst [illegible] reine Leinwand gut aus, und zwar in dieselbe Flüssig- [illegible] es 24 Stunden gelegen ist, und setzt der [illegible] on und 5 *gr* Kochsalz zu, worauf man das Ganze eine [illegible] (im Wasserbade). Wer mit derlei Arbeiten sich häufiger [illegible] der kann sich bei Lenoir & Forster oder sonst einer

Species ostindischer Meerestange stammt und im Handel meist in Streifen, viereckigen Stücken (seltener in Pulver) vorkommt. Die Streifen lassen sich in Stücke schneiden, welche wie oben benützt werden. Nach Zusatz des Agars zur Bouillon lässt man das Ganze im Dampftopf so lange stehen, bis sämmtliches Agar sich wieder in der Bouillon gelöst hat. Mittelst einer Pipette setzt man nun vorsichtig so viel Soda in Aqua destill. gelöst zu, bis leicht alkalische Reaction eintritt. Dann wird die Masse nochmals einige Stunden gekocht und in einen möglichst hohen gläsernen Cylinder (Becherglas) eingegossen, den man im Dampftopfe unterbringt. Man lässt nun den Dampftopf langsam auskühlen. Dabei senken sich die Unreinlichkeiten zu Boden und die Masse erstarrt. Man schneidet nun den ganz reinen Theil heraus, zerkleinert ihn und kann ihn zum weiteren Gebrauche gut verschlossen aufbewahren.

Die Nährkartoffeln macht man sich erst kurz vor dem Gebrauche zurecht. Man nimmt je eine Kartoffel in die Hand und reibt sie unter dem Strahle der Wasserleitung mit einer Bürste sauber ab. Dann werden mit einem Messer die „Augen“ und alle sonstigen Unreinlichkeiten der Erdäpfelknollen herausgekratzt. Es darf nur gesundes Gewebe zur Benützung übrig bleiben. Sehr schadhafte („kranke“) Kartoffeln werfe man am besten weg. In die Kartoffel selbst, das heisst ins Gesunde, soll man ja nicht hineinschneiden, da die Sublimatlösung, in die die Kartoffeln, wie wir gleich sehen werden, wegen der äusserlichen Sterilisation gebracht werden, sonst das Innere der Kartoffel benetzen und als Nährboden unbrauchbar machen würde.

Die so gereinigten, aber nicht geschälten Kartoffeln kommen auf $^1/_2$—1 Stunde in eine Glaswanne mit $^1/_{10}$percentiger Sublimatsolution, welche etwas angesäuert wird. (Auf 1 *l* Wasser gibt man 1 *gr* Sublimat und 5 *gr* Acid. hydrochl. concentr.) Nach Herausnehmen aus der Sublimatlösung kommt die Kartoffel in den Dampftopf und wird gar gekocht und zugleich sterilisirt, was circa $^1/_2$—$^3/_4$ Stunden dauert. Dann nimmt man die Kartoffel aus dem Einsatze des Dampftopfes heraus, wobei man sich dreier mit Kautschukkappen versehener Finger der linken Hand, deren mit den Kautschukkappen geschützte Spitzen in Sublimatlösung (1 : 100) getaucht wurden, um sie zu sterilisiren, bedient, schneidet sie mit ausgeglühtem Messer in Scheibchen und gibt sie in Doppelschälchen (Fig. 274).


Fig. 274.

In diesen Doppelschälchen müssen sie dann der discontinuirlichen Sterilisation unterworfen werden; davon später.

Das Blutserum. Unter antiseptischen Vorsichtsmassregeln wird Blut von Rindern oder Schafen aufgefangen, indem man die Hautstelle, wo die Venen- oder Arterienöffnung stattfindet, vorerst mit Aether entfettet und durch Waschen mit Sublimatlösung 1 : 500 sterilisirt und dann mit sterilisirtem Wasser abspült. Am besten fängt man das Blutserum in mit je einer Glasplatte bedeckten Glaswannen auf, welche natürlich sterilisirt sein müssen, und bewahrt es 48 Stunden in Eis auf. Dann pipettirt man das klare Serum in Reagensgläschen (Eprouvetten) und setzt dieselben durch 4—5 Tage oder sicherer 8 Tage an jedem Tage 1—2 Stunden einer Temperatur von 58° C. aus, um die Keime discontinuirlich zu sterilisiren. Hiezu kann man sich eines sogenannten Thermostaten (davon später) oder aber noch besser eines eigens hiezu construirten, bei Lenoir & Forster erhältlichen


Fig. 275.

Apparates bedienen, den Fig. 275 zeigt. Der Apparat ist, um Wärmeverluste zu vermeiden, mit Filz bekleidet. Er wird mit Wasser gefüllt, in welches in den mit vier gitterartigen Abtheilungen versehenen Einsatz die Eprouvetten mit dem Blutserum kommen. Geheizt wird der Apparat durch einen am Deckel angebrachten Rohrstutzen, in den eine kleine Gasflamme hineinbrennt.

Wir haben nun die vier wichtigsten festen Nährböden besprochen. Die Peptonfleischinfusgelatine kommt am häufigsten zur Verwendung, und zwar wegen ihrer Durchsichtigkeit. Da sie aber schon bei 23—30° C. flüssig wird, so wäre für Bakterien, die erst bei höherem Temperaturoptimum, z. B. Bruttemperatur 37° C., bei welcher die meisten pathogenen Bakterien am besten gedeihen, sich entwickeln, das Agar vorzuziehen, welches erst bei 50° C. flüssig wird, wenn es nicht gar so leicht im Brutschranke austrocknen würde. Für alle höheren Temperaturen können aber Kartoffeln oder das Blutserum dienen, erstere in geeigneten Behältern, die sie vor dem Austrocknen schützen (Feuchtkammern genannt). Wir können hier natürlich nicht eine detaillirte Anleitung zu allen möglichen bakteriologischen Untersuchungen geben, aber so viel, als für den Mikroskopiker nöthig ist, wollen wir hier an einigen Beispielen erläutern und dabei die Apparate erwähnen, deren man zu solchen Untersuchungen bedarf.

Ueber das Mikroskop brauchen wir hier wohl nichts mehr zu sagen, als dass es so gross sein soll, dass man auf den Objecttisch bequem eines jener Doppelschälchen (Fig. 274), welche meist von 10 bis zu 18 *cm* Durchmesser haben, stellen und die im Schälchen gezüchtete Cultur besehen kann.

Für ausgedehntere Culturversuche muss die Ausladung des Instrumentes, also auch der Tisch, s e h r g r o s s sein, z. B. wird, wer als Praktiker sich mit der Cultur von Bakterien in Schalen viel zu befassen hat und keine Kosten scheut, ein Instrument nach Art des in Fig. 218 auf S. 326 d. B. abgebildeten anschaffen.

Ein Abbe'scher Beleuchtungsapparat (vergl. S. 62 u. ff. d. B.) ist für die Beobachtung der Farbenbilder der Bakterien unerlässlich.

Ein Revolver für die Systeme zum raschen Wechseln derselben und ein beweglicher Objecttisch sind sehr angenehme, aber nicht unerlässliche Behelfe. Die feuchten Kammern haben wir ohnedies erst besprochen.

Wir könnten also gleich zu den Beispielen übergehen, an denen wir die bakteriologische Untersuchung erläutern wollen. Die Wasseruntersuchung nehmen wir nicht als Beispiel, denn gerade an sie soll sich nur ein Bakteriologe von Fach wagen, der über ein treffliches Laboratorium verfügt. Im Wasser kommen nämlich sehr viele Bakterienarten vor, die harmlos sind, so dass die Keimzahl an sich kein Grund zur Ausschliessung des Wassers vom Genusse bilden kann; vielmehr kommt es darauf an, ob im Wasser für den Menschen schädliche Bakterien vorhanden sind, und da können in Wässern mit relativ geringer Keimzahl solche Organismen vorkommen, die den Genuss als lebensgefährlich erscheinen lassen. Ebenso wäre die Untersuchung der Luft, welche darauf beruht, dass Luft mittelst Aspiratoren aspirirt und durch Nährböden, z. B. Bouillon, durchgesaugt wird (z. B. wird der in Fig. 276 abgebildete E m m e r i c h'sche Luftuntersuchungsapparat mit Nährlösung gefüllt und an dem Röhrchen am runden Ballon ein Aspirator angebracht, worauf man die inficirte Bouillon auf circa 40—50 Kölbchen vertheilt und die Vegetation der Bakterienkeime in denselben beobachtet), in nicht ganz speciell für bakteriologische Untersuchungen eingerichteten, mit Versuchsthieren reichlich dotirten Laboratorien nicht

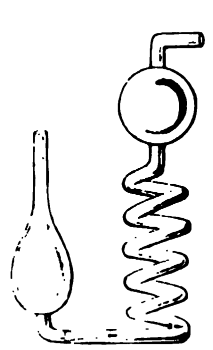


Fig. 276.

leicht durchführbar, da es auch hier wie beim Wasser auf die bakteriologische Classificirung der unzähligen Keime, die in der Luft suspendirt sind, ankommt, wozu es, um die pathogene Beschaffenheit zweifellos festzustellen, des Thierversuches bedarf.

Dagegen lässt uns der Thierversuch bei einigen wichtigen Untersuchungen im Stich, so z. B. bei der Untersuchung auf Cholera asiatica und Cholera nostras, und hier ergibt sich schon mit Rücksicht auf die Dringlichkeit solcher Untersuchungen umsomehr ein Feld für den für bakteriologische Untersuchungen minder complet eingerichteten praktischen Mikroskopiker, als es hier nicht wie bei Wasser- und Luftuntersuchung darauf ankommt, eine Unzahl Keime auf ihre Herkunft und ihre Eigenschaften zu untersuchen, sondern blos die Frage zu beantworten: „Sind Cholerabacillen da oder nicht?“ Es ist zwischen der Wasser- und Luftuntersuchung und anderen speciellen Untersuchungen derselbe Unterschied wie zwischen den Aufgaben zweier Männer, von denen man dem einen eine Botanisirbüchse voll mit vielleicht von ihm nie gesehenen Pflanzen zur Bestimmung vorlegt, während man dem anderen ebenfalls eine Büchse mit Pflanzen hinlegt und ihn fragt: „Ist eine Brennessel darunter?“ Der erstere muss ein tüchtiger Botaniker sein, der zweite dagegen muss nur mit klaren Sinnen eine Brennessel untersucht haben, um seine Aufgabe zu lösen. Mit anderen Worten: Wer Wasser- und Luftuntersuchungen u. dergl. ausführen will, muss ein tüchtiger Bakteriologe sein; die Kenntniss der Technik genügt hier nicht; derjenige, der dagegen z. B. Cholerabacillen in Dejecten aufzusuchen hat, der muss blos einige bakterioskopische Kenntnisse haben und gerade die Eigenschaften der wenigen in Betracht kommenden Mikroorganismen studirt haben. Nur das letztere kann man vom praktischen Mikroskopiker verlangen und deshalb wollen wir in diesem Leitfaden[1]) auch nur derlei leichter auszuführende und dringliche, das heisst auf dem flachen Lande z. B. wegen der nothwendigen in alle Lebensverhältnisse einschneidenden Prophylaxe, unabhängig von dem erst nach geraumer Zeit zu gewärtigenden Resultate der hauptstädtischen autorisirten Untersuchungsanstalten vorzunehmende Begutachtungen besprechen. Vor dem Eingehen in das Specielle müssen wir einige wichtige allgemeine Punkte, welche eigentlich in das Gebiet der Bakteriologie gehören, hier dennoch behandeln, um unsere Beispiele verständlich zu machen, nämlich: 1. Sterilisation, 2. Infection, 3. Cultur (im engeren Sinne).

Dabei wollen wir auch der hiezu nöthigen Apparate gedenken und dort, wo sich solche durch einfachere, in jeder Apotheke oder jedem Haushalte vorhandene Geräthschaften ersetzen lassen, die nöthigen Winke hiezu geben.[2])

I. Die Sterilisation.

Die Sterilisation, das heisst die Befreiung gegebener Gegenstände von ihnen anhaftenden keimfähigen Bakterien, respective den Sporen derselben, welche beide zusammen man kurzweg „Keime“ nennt, kann auf zweierlei Weise geschehen: A. durch Vernichtung der Fähigkeit der Keime, sich zu vermehren (und zwar gänzliche, nicht nur temporäre Vernichtung), welche natürlich am sichersten durch Zerstörung der Keime selbst (z. B. Verbrennung)

[1]) Für die meist vorkommenden Untersuchungen kann der Verfasser den Herren Aerzten, Apothekern, Chemikern und Thierärzten die „Anleitung zur Ausführung bakteriologischer Untersuchungen“ von Dr. Josef Schrank, k. k. Polizeibezirksarzt, Wien, bei Deuticke, 1894, bestens empfehlen.

[2]) Neuerer Zeit (später als die erste Auflage dieses Leitfadens) erschien eine Abhandlung des bekannten Bakteriologen Dr. Rudolf Abel: „Ueber einfache Hilfsmittel zur Ausführung bakteriologischer Untersuchungen in der ärztlichen Praxis“ in Stuber's Verlag in Würzburg, die solche Winke zu geben bezweckt.

erfolgt, und B. durch Beseitigung der Keime, indem man sie vom zu sterilisirenden Objecte absondert (z. B. durch Filtration).

Bei A. lässt sich wieder unterscheiden, ob die Vernichtung a) durch physikalische Agentien, z. B. hauptsächlich Wärmeänderungen, seltener Elektricität, oder b) durch chemische Agentien, z. B. Chloroform, Carbolsäure, Sublimat oder dergl., erfolgt; im Falle sub b) spricht man dann nicht von Sterilisation, sondern von Desinfection, doch ist letztere, wie wir soeben gesehen haben, streng genommen eine Sterilisation.

A. a) Sterilisation durch physikalische Mittel.

Bei der Cultur der Bakterien haben wir es meist mit der Sterilisation durch Einwirkung erhöhter Temperaturen zu thun und nennen wir dieselbe daher Sterilisation im engeren Sinne oder Sterilisation schlechtweg. Diese letztere beruht hauptsächlich darauf, dass die meisten Bakterien bei einer längeren Einwirkung einer Temperatur über 50° C. absterben. Die Sporen mancher Bakterien sind dagegen viel widerstandsfähiger, sie vertragen Einwirkungen von 130° trockener Hitze durch viele Stunden hindurch, ohne zu Grunde zu gehen. Haben sich natürlich aus den Sporen Bakterien entwickelt, so sind diese wieder viel empfindlicher als ihre Sporen waren. Darauf beruht die discontinuirliche Sterilisation (zu unterscheiden von der fractionirten, die oft mit ihr verwechselt wird), von der wir oben ein Beispiel gegeben und in Fig. 275 den hiezu gebräuchlichen Apparat abgebildet haben. Es handelte sich dort um die Sterilisation des Blutserums. In diesem sind trotz aller aseptischen Cautelen bei dessen Gewinnung Bakterien und Sporen von solchen vorhanden. Wollte man die Bakterien und die Sporen auf einmal vernichten, müsste man die Erwärmung so weit treiben, dass das Eiweiss im Serum coagulirt, wodurch dieses Nährsubstrat seinen Vorzug, durchscheinend zu sein, verlieren würde, andererseits würden bei einer einmaligen Erwärmung auf z. B. 58°, bei welcher Temperatur das Eiweiss im Serum noch nicht coagulirt, die Sporen unversehrt bleiben und auskeimen und das Serum wäre also nicht steril. Da hilft man sich (Tyndall's Idee) nun auf die Weise, dass man, wie wir oben erwähnt haben, das in Reagensgläschen pipettirte klare Blutserum durch 5—8 Tage täglich 1—2 Stunden einer Temperatur von 58° C. aussetzt. Einige Keime werden gleich bei der ersten Erwärmung auf 58° C. absterben; hauptsächlich aber die Bakterien werden diese weit über ihrem Temperaturoptimum liegenden Erhöhungen der Temperatur nicht ertragen; sie werden aber auch nicht alle absterben, sondern ein kleiner Theil, die resistenteren, werden Sporen bilden. Diese neugebildeten Sporen und die bereits im Serum befindlich gewesenen Dauersporen würden nun der Erwärmung auf 58° C., und sollte man sie tagelang fortsetzen, wacker Widerstand leisten. Deshalb bricht man nach 1—2 Stunden die Erwärmung ab. Was wird nun geschehen? Die Sporen werden zu Bakterien auskeimen. Nun erwärmt man am zweiten Tage wieder auf 58° C. Wieder werden eine Menge der aus den Sporen in der Ruhezeit gebildeten Bakterien getödtet werden, ein geringer Percentsatz wird Sporen bilden, die in der Ruhezeit bis zur nächsten Erwärmung am folgenden Tage wieder zu Bakterien auskeimen. Am achten Tage dürften, nach den bisher gemachten Erfahrungen, alle Sporen ausgekeimt und die eben entstandenen Bakterien getödtet sein; dieses Resultat ist aber auch oft schon in 5—6 Tagen zu erreichen.

Die fractionirte Sterilisation ist dagegen etwas Anderes. Sowie man bei der fractionirten Destillation des Theers z. B. zuerst leichter flüchtige und dann immer schwerere ölartige Producte erhält, so dient die fractionirte

Sterilisation, welche bei verschiedenen Temperaturen unterbrochen wird, dazu, bestimmte in einem Nährsubstrate befindliche Bakterien zu tödten, andere dagegen unvernichtet zu lassen, wodurch man in die Lage gesetzt ist, verschiedene Bakterien durch die fractionirte Sterilisation zu separiren. Ein interessantes Beispiel bietet hiefür die Anwendung der fractionirten Sterilisation bei der Reincultur von Tetanusbacillen, den Erregern der Wundstarrkrampf-Erscheinungen. Doch können wir hievon erst weiter unten, bei Behandlung der Cultur (im engeren Sinne) der Bakterien sprechen.

Die häufigste Anwendung findet die fractionirte Sterilisation dann, wenn es sich um Vernichtung pathogener Organismen in Gebrauchsgegenständen handelt, welche durch eine vollkommene, ununterbrochene Sterilisation vernichtet, respective gebrauchsunfähig gemacht würden. Beispiele hiefür sind die bekannte Pasteurisation des Weines, welche nur so weit getrieben wird, als nöthig ist, um die bacillären Erreger der Weinkrankheiten zu vernichten, oder die Sterilisation der Kindermilch mittelst der Soxhlet'schen Apparate u. a. m.

Zur Ausführung der Sterilisation kann die Wärme verschiedenartig zur Anwendung kommen. In dem oben Fig. 275 abgebildeten Apparate kommt dieselbe in einem durch heisse Luft geheizten Wasserbade zur Anwendung; wir werden später sehen, dass uns ein Wasserbad manchmal den kostbaren Dampfsterilisationsapparat (kurz „Dampftopf“ genannt) ersetzen kann.

Um systematisch vorzugehen, müssen wir drei Anwendungen von Wärme bei der Sterilisation unterscheiden:

α) Trockene Hitze und überhitzter Dampf.

β) Feuchte Wärme durch strömenden Dampf von einer Atmosphäre ohne Ueberdruck.

γ) Hitze durch strömenden oder ruhenden Dampf von mehr als einer Atmosphäre (Ueberdruckdampf, auch gespannter Dampf genannt).

Die trockene Hitze kann ohne oder mit Apparat angewendet werden; sie dient, da die Bakterien verhältnissmässig hohe Grade trockener Hitze zu ihrer Vernichtung erfordern, diese Hitze aber die meisten Nährböden austrocknen und unbrauchbar machen würde, blos zur Sterilisirung von Glas- und Metallgeräthschaften zu bakteriologischen Zwecken. Man hält z. B. die in Glas eingeschmolzene Platindrahtnadel oder Platinöse, mit der, wie wir später hören, die Infection der Culturplatten, -Schalen- oder -Eprouvetten vorgenommen wird, behufs Sterilisation in eine Flamme, bis das Platin glühend wird; natürlich werden dadurch die Keime gründlich (durch Verbrennung) vernichtet. Auch das Messer, womit wir die Kartoffelaugen bei Anfertigung des Nährbodens aus Kartoffeln (siehe oben) ausstachen, kann durch Ausglühen sterilisirt werden. Will man den Stahl dabei hart erhalten, so thut man gut, das Messer nicht auszuglühen, sondern blos so lange zu erhitzen, bis ein Tropfen wässeriger Chlornatriumlösung, darauf getröpfelt, siedet. Der Siedepunkt einer concentrirten Chlornatriumlösung liegt nämlich wesentlich höher als der des Wassers.

Hat man viele Instrumente zu sterilisiren, dann bringt man dieselben in eine Bratröhre; Hartgummigriffe dürfen jedoch nicht daran sein, da diese dadurch leiden würden. Man bedient sich meistens in Laboratorien zum Sterilisiren von Instrumenten, leeren Gläsern u. dergl. eines Trockenschrankes, der sich von dem Trockenschranke der Chemiker dadurch unterscheidet, dass in seinen Zwischenwänden kein Wasser ist, sondern Luft. Wir werden später sehen, dass die Trockenschränke der Chemiker mit einigen Modificationen in den weiter unten zu beschreibenden sogenannten „Vegetationskästen“, auch „Thermostaten“ und „Brutöfen“ genannt, nachgeahmt erscheinen. Die Trockenschränke der Bakteriologen sind wirklich

Tubus an der Spitze des Conus, welcher ein in den Dampfraum reichendes Thermometer enthält.

Der untere, mit einem Wasserstandsrohr versehene Raum wird mit Wasser gefüllt und zum Kochen gebracht, indem man eine Lampe unter den Dreifuss stellt. In den oberen Theil des Cylinders kommt ein ähnlicher Einsatz für die zu sterilisirenden, mit Nähragar oder dergleichen beschickten Kölbchen oder Eprouvetten, wie er oben in Fig. 275 im Innern des offenen Cylinders zu sehen ist.



Fig. 278.

Kocht nun im Koch'schen Dampftopf das Wasser, so durchstreicht der ungespannte Dampf von 100° C. den Aufsatz und entweicht am Rande des Deckels. Was im Aufsatze ist, wird vom Dampfe schon nach $^1/_4$—$^1/_2$ stündiger Einwirkung sterilisirt.

Der Dampftopf lässt sich improvisiren, wenn man in einen Wäschekochtopf 10—15 *cm* hoch Wasser füllt, ihn mit Watte und Spagat gut umwickelt und nun ein in den Topf hineingehendes Nudelsieb (sogenannten Durchschlag) aus Blech an drei oder mehr Drahthaken am Topfrande aufhängt, in das Sieb die zu sterilisirenden Gegenstände bringt und auf das Ganze den Deckel des Waschtopfes lose aufsetzt, so dass der Dampf zwischen Deckel und Drahthaken durchstreichen kann, wenn man das Ganze auf die Platte eines geheizten Herdes bringt.

Ein Gegensatz zu dieser Improvisation ist der Petri'sche Dampfsterilisator, bei welchem vermieden ist, dass der Dampf, der oben aus dem Sterilisator dringt, im Arbeitsraume Alles mit Dunst beschlägt, wenn kein Dunstfang vorhanden ist, und welcher Petri'sche Apparat auch, ähnlich wie beim vorhin beschriebenen Trockenschranke, gestattet, seitlich die zu sterilisirenden Objecte in den Apparat zu bringen. Im Wesen beruht er darauf, dass der Dampf in einem separaten Kesselchen bereitet und von oben in einen Cylinder, der eine seitliche Thür und ihr gegenüber mehrere Etagèren für die zu sterilisrenden Gegenstände besitzt, geleitet wird. Während ein Koch'scher Dampftopf (bei Lenoir & Forster, Wien, IX. Garnisongasse 7) 30 Kronen kostet, kommt der Petri'sche Dampfapparat bei Münke in Berlin ohne Fracht und Zoll auf 230 Mark zu stehen, weshalb hier dieser theuere Apparat, den sich wohl kaum ein Mikroskopiker anschaffen wird, nicht näher beschrieben wird. Auch Dr. Ostwald hat den Koch'schen Apparat verbessert, doch ist auch der Ostwald'sche Apparat sehr kostspielig, weshalb wir ihn in diesem Leitfaden ebenfalls übergehen. Alle diese Apparate arbeiten ohne Ueberdruck.

Der in einem verschlossenen Kessel unter Ueberdruck stehende Dampf hat eine noch stärker sterilisirende Wirkung, als jener von normaler Spannung; natürlich steigt auch mit dem Drucke die Siedetemperatur des Wassers. So kann man in dem bekannten Papin'schen Topfe das Wasser und den Dampf auf 150° erhitzen. Lässt man solchen Dampf, der natürlich fünf und mehr Atmosphären Druck hat, gegen einen zu sterilisirenden Gegenstand strömen, so werden die widerstandsfähigsten Sporen, die im Dampftopfe Koch's 5—6 Stunden verweilen müssten, um vernichtet zu werden, binnen einer Viertelstunde zu Grunde gehen. Noch kräftiger sterilisirend wirkt der gespannte Dampf in ruhendem Zustande in dem Dampfraume eines Papin'schen Topfes. Bringt man in ein solches, in jeder besser ausgestatteten Handlung für Küchengeräthe für wenige Gulden als „Fleischdampftopf“ oder „Digestor“ erhältliches Kesselchen in passender Weise einen Blech- oder Drahteinsatz

nannt — hinüber und wir wollen uns in den folgenden Zeilen mit dieser t der Keimfreimachung so eingehend, als es für den Mikroskopiker nöthig in dürfte, beschäftigen.

b) Sterilisation durch chemische Mittel, sogenannte Desinfection.

So wie die Bakterien in Bezug auf Wärme specifische Eigenschaften haben, o auch in Bezug auf die Empfindlichkeit gegen chemische Stoffe; führen wir en Vergleich weiter aus, so werden wir finden, dass dem sogenannten 'emperaturoptimum auch eine gewisse Beschaffenheit des Nährbodens, eine ewisse specifische Acidität oder Alkalität desselben entspricht, mit anderen Vorten: So wie jede Bakterienart unter gewissen Temperaturverhältnissen ich am besten entwickelt, so spielt auch die chemische Beschaffenheit des Nährbodens eine begünstigende oder hemmende Rolle. Die meisten Bakterien gedeihen auf alkalischem und neutralem Nährboden; Säuren hemmen sie also in der Entwicklung; viele Bakterien aber gedeihen wieder nur auf sau rem Nährboden, so Typhusbacillen, Butterbacillen und Essigpilze. Man sieht daraus also, dass, wenn z. B. eine Säure von gewisser Concentration schon desinficirend auf Cholerabacillen wirken wird, dieselbe die Typhusbacillen weiter vegetiren lassen kann. So wie gewisse Wärmegrade auf die einen Bakterien schon vernichtend, auf andere dagegen sogar das Wachsthum fördernd wirken, so können auch Säuren und Alkalien als Desinfectionsmittel in den meist aus anderen Rücksichten nicht allzu concentrirt gewählten Mischungen gegen verschiedene Bakterien nicht gleich desinficirend wirken. Dies muss festgehalten werden, um zu verstehen, dass die verschiedenen Urtheile über Desinfectionsmittel mit Vorsicht aufzunehmen sind, insoferne nicht gleichzeitig berücksichtigt wird, mit welchen Bakterienarten die Versuche vorgenommen wurden, die zu jenen, sei es lobenden, sei es abfälligen Urtheilen geführt haben. So wie es aber Wärmegrade gibt, die alle Keime tödten, so gibt es auch gewisse Concentrationsgrade der Chemikalien, die auf alle Keime, das heisst Bakterien und Sporen sicher vernichtend einwirken. Wir bemerken hier, dass die Sporen auch gegenüber chemischen Einflüssen resistenter sind als die entwickelten Bakterienformen. Eine Lösung von 1 *gr* Sublimat in einem Liter Wasser vernichtet sowohl Dauerformen als Sporen aller bekannten Schizomyceten und muss daher als absolutes Desinfectionsmittel betrachtet werden. Es findet auch zur Desinfection der Finger des Bakteriologen, welche man natürlich nicht auf 100 oder 130° C. erhitzen kann, Anwendung; auch bei Besprechung der Bereitung der Nährkartoffeln haben wir des Sublimates zur Sterilmachung der äusseren Oberfläche der ungeschälten Kartoffeln Erwähnung gethan.[1])

Andere absolute Desinfectionsmittel sind: Concentrirte Mineralsäuren, 10%ige Carbolsäure (Phenol), concentrirte Lösungen von übermangansaurem Kali u. s. w. Die verdünnteren Lösungen, z. B. 5%ige Carbolsäure, sind durchaus nicht absolute Desinfectionsmittel, sie haben sich aber gegen gewisse, Sepsis erzeugende Spaltpilze als entwicklungshemmend ebenso bewährt wie das Jodoform. Der sogenannte Schwefeläther und namentlich das Chloroform sind ebenfalls treffliche Desinfectionsmittel. Ihre Anwendung in der Bakterioskopie wird erleichtert, weil sie sich durch Wärme leicht wieder austreiben lassen.

Diese chemische Sterilisation kann auch an Stelle jener durch physikalische Mittel von dem Mikroskopiker bei bakteriologischen Arbeiten angewendet werden, um Geräthe keimfrei zu machen.

---

[1]) Da Sublimat mit Eiweiss Verbindungen eingeht, so erlahmt seine desinficirende Wirkung in eiweissreichen Flüssigkeiten. Auch greift Sublimat Metalle an und ist ein heftiges Gift für Mensch und Thier.

Die Petri'schen Culturschalen kann man ebenso wie andere Glasgefässe mittelst Aether desinficiren, nachdem man sie mittelst Bürsten und Seifen gut gereinigt hat, indem man gewöhnlichen Schwefeläther, den man nachher einfach verdunsten lässt, nachdem man ihn durch Umschwenken mit allen Theilen des zu desinficirenden Objectes in Berührung gebracht hat, eingiesst. Sublimatlösung (1 : 500) kann denselben Zweck erfüllen, doch ist hier die Abspülung mit sterilisirtem Wasser nicht zu vermeiden, was diese Methode umständlicher macht als jene mit Aether. Auch gestattet jene mit Aether auch Gegenstände aus Metall zu desinficiren, welche durch Sublimatlösung sehr leiden würden. Gummigeräthe (z. B. Gummikappen) dagegen, welche der Aether beschädigen würde, legt man, um sie gründlich zu desinficiren, auf einen halben Tag in $1^0/_{00}$ Sublimatlösung, muss sie aber nachher in sterilisirtem Wasser abspülen.

Andere Beispiele von Desinfection gibt uns die chemische Sterilisation von Nährböden. Man kann nämlich dieselben, so lange sie flüssig sind, gewissen Desinfectionsmitteln aussetzen und eine gewisse Zeit, z. B. einen halben Tag, mit ihnen in Berührung lassen. Nachdem diese ihre Schuldigkeit gethan, kann man sie entweder durch Zusatz eines anderen chemischen Mittels neutralisiren oder ausfällen.

So kann Carbolsäure durch Chromwasser, Sublimatlösung durch Sodalösung ausgefällt werden.

Die Chlorwasserstoffsäure reicht schon in einer $0{\cdot}2^0/_0$ enthaltenden wässerigen Lösung aus, um bei mehrstündiger Einwirkung die meisten Bakterienkeime in den flüssig gemachten Nährböden, denen sie beigemischt wird, zu tödten. Die Chlorwasserstoffsäure kann in den Nährböden, nachdem sie ihre Schuldigkeit gethan hat, durch vorsichtiges Zutropfen von sehr verdünnter Natronhydratlösung ($1^0/_0$) unter Controle durch Lackmuspapier oder Phenolphtaleïn neutralisirt, das heisst in Chlornatrium, welches in solcher Verdünnung das Wachsthum nicht merklich behindert (nach Koch muss eine Kochsalzlösung eine Concentration von 1 : 64 besitzen, um die Entwicklung der Bakteriencolonien von Milzbrand merklich zu beeinträchtigen), übergeführt werden. Aehnlich wirkt eine 1percentige Lösung von Natronhydrat, welche ebenfalls in dem Nährboden, dem sie beigemengt wird, in einigen Stunden die Keime vernichtet, und es ist einleuchtend, dass hier umgekehrt wie im vorhergehenden Falle eine verdünnte Lösung von Acid. mur. den Nährboden nach vollzogener Desinfection durch Ueberführung des Desinfectionsmittels in eine sehr verdünnte und daher bakteriologisch indifferente Kochsalzlösung zur Weiterentwicklung von in denselben eingebrachten Keimen geeignet machen kann.

Am bequemsten zur Desinfection, das heisst zur Sterilisation von Nährböden auf chemischem Wege ist nach Dr. Schrank[1]) die Methode mittelst Aether sulfuricus. Der hiezu verwendete Aether soll möglichst wasserfrei und natürlich chemisch rein, das heisst nicht alkoholhältig sein. Diese Methode ist für den Mikroskopiker, der nur fallweise bakteriologische Untersuchungen vornimmt, sehr expeditiv.

Man [illegible] mittelst kalten, mit dem zehnten Gewichtstheile Aether geschütt[illegible] von feingehacktem Muskelfleisch (auch von Fi[illegible] oder von Kartoffeln, Rüben u. s. w. ode[illegible] dergl. 12 Gewichtspercente Aether [illegible] diese ätherhältigen Nährsubstrate und [illegible] Agar-Agar oder 15—$20^0/_0$ Gelatine zu; [illegible] mit sterilisirter Watte verstopfte Kolben,

[1]) [illegible] Untersuchungen etc. von Dr. Josef [illegible] logischen Laboratoriums des Allg. [illegible] Franz Deuticke, S. 85.

stellt diese in einer mit mehr als 40° C. warmem Wasser gefüllten Schüssel unter den Recipienten einer Luftpumpe, welche der Mikroskopiker, wie wir weiter unten sehen werden, auch zur Anfertigung von Dauerpräparaten gut brauchen kann (man erhält in Lehrmittelanstalten gute Handluftpumpen mit geräumigen Recipienten schon zum Preise von 40 *K*, Wasserluftpumpen noch billiger) und welche daher für ihn kein überflüssiges Geräth ist, und schafft nun mit der Luft auch den Aether aus den Nährböden in den Kölbchen durch Pumpen heraus.

Die Wattepfröpfe, mittelst welcher die Kölbchen verschlossen werden, bestehen aus Bruns'scher Watte und können, nachdem man sie mit ausgeglühter Pincette in die Kölbchen hineingedreht hat, durch Auftropfen von Aether steril gemacht werden. Auch Formaldehyd (Methanal), in wässeriger 40%iger Lösung als Formol und Formalin im Handel und neuerer Zeit als Desinfectionsmittel viel gebraucht, wurde in der Bakterioskopie als Zusatz zu Gelatine und Bouillon (Formalinbouillon) verwendet.[1])

B. Sterilisation durch Absonderung, respective Zurückhaltung der Keime (Filtration).

Da die Bakterien, so klein sie sind, dennoch eine gewisse Grösse besitzen, so werden sie von Geweben oder Conglomeraten, deren Poren kleiner sind als die gegebenen Keime, zurückgehalten. Dieses Princip findet weitgehende Anwendung beim Verschlusse von mit Nährsubstraten beschickten Gefässen mittelst Wattepfropfen, wobei die durch das Zusammendrehen des Pfropfes verfilzte Watte ein trockenes Filter bildet, in welchem sich die von der Luft getragenen Keime verfangen und dadurch verhindert werden, zu den sterilisirten Nährsubstraten zu gelangen. Wollte man dagegen die Watte als Filter für bakterienhältige Flüssigkeiten benützen, so würden die durch den Flüssigkeitsdruck erweiterten Poren nicht mehr klein genug sein, um die Bakterien zurückzuhalten.

Man benützt daher resistentere Filter, so namentlich Conglomerate von Asbest, Porzellan, Thon, plastischer Kohle, Gyps, Chamotte, Kieselguhr u. dergl. in geeigneten Apparaten als Bakterienfilter. Chamberland, Breyer, Nordtmayer, Berkefeld und andere Gelehrte und Techniker haben derlei Filter mit oder ohne Wasserdruck oder Vacuum construirt. Da jedoch diese Apparate in der Bakteriologie nur selten und da meist nur, um die Stoffwechselproducte der Bakterien (Ptomaïne, Toxine und Enzyme) von den Bakterien abzuscheiden, was namentlich bei Gewinnung von Impfstoffen (Tuberculin) wichtig ist, benützt zu werden pflegen, so glauben wir auf die hiezu gebräuchlichen Apparate hier nicht näher eingehen zu müssen. Wir wollen nur bemerken, dass alle bisher erfundenen Filter nur in der ersten Zeit sterile Flüssigkeiten ergeben. Später wachsen die Spaltpilze durch die Poren des Filtermateriales durch und die Folge ist, dass das Filtrat schliesslich mehr Keime aufweisen kann als das zu filtrirende Fluidum.

Mehr von Interesse als die täglich sich mehrenden Filtersysteme ist für den praktischen Mikroskopiker die Frage, worauf bei den Filtrirapparaten überhaupt gesehen werden muss, wenn man ihre Güte vom bakteriologischen Stan[illegible]s zu prüfen hat. Dr. Schrank stellt hiefür nachstehendes [illegible]

[illegible] gibt das Filter ein absolut keimfreies Filtrat?

[illegible] das Filter durch Kochen in gewöhnlichem Wasser sicher

[1]) [illegible] Eine Typhusepidemie etc. und Diagnose, Zeitschr. für Hyg. XVI. 1894) [illegible]ormalinhältige Nährböden eine Unterscheidung der Typhus- von den [illegible]lichen, da Typhusbakterien gegen das Desinfectionsmittel Formalin empfind- [illegible] hat dies im Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XVI, Nr. 25, negirt.

sterilisiren und wie langen Kochens bedarf es, um dasselbe **keimfrei** zu machen?

3. Rühren die im Filtrate vorhandenen Keime von durchwachsenden Saprophyten her und lassen sich dieselben durch kräftiges Spülen auf ein Minimum reduciren?

4. Wie viel Filtrat liefert das Filter in der Zeiteinheit? (Leistungsfähigkeit in Bezug auf Quantität in der Minute.)

Die Fragen 1 und 2 lassen sich durch Anlage von **Zählplatten** (davon später), die Frage sub 3 durch mikroskopische Untersuchung von Filterpartikeln und Impfversuche an pflanzenfressenden Thieren beantworten. Die pflanzenfressenden Thiere (z. B. Feldmäuse) vertragen nämlich die Einverleibung saprophytischer Bakterien in ihr Blut recht gut, während, falls in dem Filter parasitische Schizomyceten vorhanden wären, diese die Gesundheit der Thiere afficiren würden. Die Frage sub 4 lässt sich mittelst Uhr und Messgefäss mit feiner Theilung leicht lösen.

Zur directen Prüfung der Filter kann man Aufschwemmungen von Reinculturen von Milzbrand-, Cholera-, Tuberkel- und anderer pathogener Bakterien benützen, welche man filtrirt und dann im Filtrate nach den entsprechenden Bakterien mittelst Zählplatten[1]) recherchirt. Mehr als 150 Keime (per *cm*³) sollen nach Dr. Schrank bei keinem Bakterienfilter, welches noch diesen Namen verdienen soll, im Filtrate nachzuweisen sein.

2. Die Infection.

Die Infection, das heisst die Uebertragung des Infectionsmateriales auf den sterilisirten Nährboden behufs Cultur der im Infectionsmateriale enthaltenen Bakterien kann auf verschiedenste Weise vorgenommen werden. In der Bakteriologie haben sich aber gewisse Methoden bewährt und daher erhalten, welche meistens geübt werden, wenn es sich um Herstellung von Reinculturen handelt. Die Infection mittelst fester Substanzen erfolgt gewöhnlich durch Platindrähte mit oder ohne Oese. Man stellt sich solche her, indem man in eine Glasstange von 4 *mm* Dicke, welche 20 *cm* lang sein kann, einen mindestens 0·75 *mm* dicken oder besser noch dickeren Platindraht von 10 *cm* Länge und 2 *cm* Tiefe im Gasgebläse einschmilzt. Lässt man den Draht, wie er ist, so hat man eine Platinnadel; biegt man ihn ösenförmig um, so hat man eine Platinöse, die, wie in dieser Arbeit oben, bei den Tinctionen, auseinandergesetzt wurde, auch zur Herstellung von Deckglas-Trockenpräparaten aus flüssigen Substraten dienen kann. Zu gewissen Zwecken benütze ich spitzgefeilte oder flachgeklopfte Platinnadeln. Vor der Infection wird eine solche Platinnadel oder Oese einfach in einer Spiritus- oder Gasflamme zum Glühen gebracht und ist dann sterilisirt; es genügt natürlich die Rothgluth.

Streicht man mit der mit Infectionsmaterial versehenen, das heisst in das Infectionsmaterial getauchten oder gestochenen Platinnadel über den sterilisirten Nährboden, der z. B. in auf einem Objectträger ausgegossener und erstarrter Nährgelatine bestehen kann, hinweg, so nennt man dies Infection mittelst Strichmethode. Sticht man dagegen die inficirte Platinnadel in das Nährsubstrat ein, was namentlich bei Culturen in Kölbchen oder Eprouvetten (Reagensglasculturen) ausgeführt zu werden pflegt, so nennt man dies die Stichmethode. Die aus beiden Methoden entstehenden Culturen heissen dann entsprechend der Infection, durch welche sie hervorgerufen wurden, entweder Strichculturen oder Stichculturen.

---

[1]) Werden weiter unten besprochen werden.

Die häufigste Infectionsmethode ist die Verdünnungsmethode, welche darin besteht, dass man das Infectionsmateriale in controlirbarer Quantität in den Nährboden, der natürlich flüssig oder bei den Gelatinenährböden durch Erwärmung flüssig gemacht sein muss, einbringt, es also verdünnt. Hiezu kann man sich geaichter Pipetten oder graduirter Büretten bedienen, welche vor dem Gebrauche sterilisirt werden.

Da die Infection enge mit der Cultur zusammenhängt, so werden wir, um nicht in unnütze Wiederholungen zu verfallen, Alles, was etwa noch über specielle Infectionsmethoden zu sagen erübrigt, bei Behandlung der Cultur behandeln. Hier wollen wir blos erwähnen, dass bei der Infection Alles vermieden werden muss, was dazu beitragen könnte, dass auf die abzuimpfende Substanz oder Cultur oder auf den zu inficirenden Nährboden von aussen Keime gelangen, woraus keine Rein-, sondern eine Mischcultur entstehen würde (Mischinfection). Bei Abnehmen des Wattepfropfes von dem zu inficirenden Reagensglase etc. oder von einer als Infectionsmaterial dienenden Cultur muss man also sehr vorsichtig sein und denselben mit ausgeglühter Pincette herausdrehen.

Aus gleichem Anlasse kehrt man Reagensgläser mit festem Nährboden beim Inficiren mit der Oeffnung nach unten und sticht die inficirte Nadel von unten nach oben ein, weil dabei mehr Gewähr geboten ist, dass nicht aus der Luft fremde Keime in den Stichcanal gelangen und die Reincultur stören.

Ueberhaupt ist es gut, die Infectionen behufs Sicherung vor Hineingerathen fremder Keime aus der Luft in einem Glaskasten mit Schieber vorzunehmen. Man öffnet vor Benützung den Schieber, wäscht mit einem in Sublimat 1 : 1000 getauchten Schwamme die inneren Flächen des Glaskastens gut ab und schliesst den Kasten durch Herablassen des Schiebers (der gut passen muss) ab. Der Staub fällt dann im Kasten zu Boden und bleibt in Folge der Feuchtigkeit auf der Bodenplatte haften. Nach einer halben Stunde öffnet man den Schieber so weit als genügt, um beide Hände, die man am besten durch Aufstrecken der Aermel, Waschen mit Seife und Sublimatlösung 1 : 1000 desinficirt, in den Kasten einzuführen und die beabsichtigte Infection im Innern des Glasgehäuses zu vollziehen.

In grösseren bakteriologischen Instituten hat man zum Zwecke der Infectionsvornahme eigene Arbeitsräume adaptirt, die von den übrigen Ubicationen abgeschlossen sind und mittelst Ventilatoren, welche die Luft, bevor sie in das Infectionszimmer tritt, durch trockene Filter aus sterilisirter Watte durchsaugen und so möglichst keimfrei machen, mit frischer Luft versorgt werden. Diese Arbeitszimmer haben dann gewöhnlich einen Vorraum, in welchem sich der Bakteriologe vorerst desinficirt und geeignete sterilisirte Kleider sowie Gummischuhe anlegt. Der vorgeschilderte Glaskasten vermag aber für unsere Zwecke diese kostspieligen und umständlichen Einrichtungen wohl für die meisten Fälle zu ersetzen. Penibelste Reinlichkeit muss man sich allerdings bei allen mikroskopischen und insbesondere bei bakterioskopischen Untersuchungen angelegen sein lassen, soll nicht alle aufgewendete Mühe zu Schanden werden oder die Arbeit zu Trugschlüssen führen.

Eine besondere Sorgfalt erfordert die Vornahme der Infection, wenn es sich nicht um ein künstliches Nährsubstrat, sondern um den Körper eines lebenden Thieres als Nährboden handelt. Wird auch der praktische Mikroskopiker selten in die Lage kommen, bei bakteriologischen Untersuchungen solche von Grausamkeit nicht freizusprechende Thierversuche anzustellen, so soll der Vollständigkeit halber die Infection der lebenden Thiere nicht unbesprochen bleiben, da sie für den Forscher sehr wichtig ist. Nur jene Bakterienart kann als pathogen erklärt werden, welche

menschlichen oder thierischen Körper pathologische Veränderungen hervorruft, die einen typischen, nur gerade jener Bakterienart oder Bakteriengruppe eigenthümlichen Symptomencomplex nach aussen zur Erscheinung bringt (bakterielle Erkrankung).

Dabei muss sich in dem erkrankten Thierkörper eine Reincultur entwickeln, welche, einem anderen geeigneten Thiere, eventuell auch dem Menschen eingeimpft, einen analogen Symptomencomplex hervorruft. Schliesslich soll die Reincultur aus dem Thierkörper, als Infectionsmateriale benützt, eine Anlegung von charakteristischen Reinculturen auf geeigneten künstlichen Nährböden ermöglichen.

Nach Dr. Schrank[1]) umfasst daher der vollständig ausgeführte Thierversuch:

1. Die Einverleibung des betreffenden Virus in den Thierkörper (Impfung).

2. Die Uebertragung auf andere Thiere, respective auf den Menschen (Umimpfung).

3. Anlegung von Reinculturen aus den Krankheitsproducten der geimpften oder ungeimpften Thiere.

Zur Ausführung praktischer Thierversuche werden wohl meist Mäuse (Haus- und Feldmäuse), Kaninchen und Meerschweinchen, seltener Hunde, Katzen und andere Hausthiere verwendet. Viele Thiere verhalten sich gegen Infectionen refractär; so erkranken — wie oben bei Besprechung der Filter gelegentlich erwähnt wurde — pflanzenfressende Thiere, z. B. Feldmäuse nicht, wenn man sie mit saprophytische Bakterien enthaltenden Flüssigkeiten impft, wohl aber fleischfressende, wie z. B. Hunde;[2]) die Feldmäuse scheinen also gegen die Infection mit nicht specifisch pathogenen (saprophytischen) Bakterien immun, respective refractär zu sein. Hausmäuse sind refractär gegen Rotzbacillen, nicht aber die den Hausmäusen doch nahe verwandten Feldmäuse; auch Meerschweinchen erkranken leicht an Rotz. Man wird also zu Thierversuchen mit Rotzbacillen Feldmäuse und Meerschweinchen wählen. Eine sichere Empfänglichkeit weisen auf:

Für Tuberculose: Meerschweinchen, Affen, auch Hühner.

Für Rauschbrand: Meerschweinchen.

Für malignes Oedem: Meerschweinchen.

Für Lyssa: Hunde, Katzen und Kaninchen.

Für Milzbrand: Hausmäuse; dagegen sind Ratten der weissen Species gegen Milzbrand refractär und werden, ebenso wie Frösche, nach den Forschungen Petruschky's, Charin's und Roger's durch Erwärmen auf 30—35° für diese Krankheit wieder empfänglich.

Für Hühnercholera: Hühner und Kaninchen.

Für Cholera: Absolut sicher empfänglich bisher kein Thier; nach Metschnikoff's neuesten Erklärungen auf dem Budapester hygienisch-demographischen Congresse im Spätsommer 1894 soll jedoch ein specifischer Hefepilz, in den Magen der mit Cholerabacillen zu inficirenden Thiere gebracht, bewirken, dass dieselben empfänglich für die Cholerainfection werden.

Die Infection der Thiere sollte schon, abgesehen von den Gründen der Humanität, [illegible] lichkeit der Ausführung an dem ruhigen Th[illegible] Man bedient sich überdies in Labor[illegible] an welchen die Thiere durch [illegible] erden, ja die Mäuse packt man [illegible] Zangen (sogenannte Mäuse-

[1]) [illegible] suchungen," S. 158 u. ff.

[2]) [illegible] Enten, Geier und noch andere [illegible] Verfütterung verfaulter, also von [illegible] relativ unempfänglich sind.

zangen) aus polirtem Stahle an, doch dürften derlei Behelfe für den praktischen Mikroskopiker, der sich ohnedies eine gewisse Dexterität bei allen Verrichtungen angeeignet haben muss, meist entbehrlich sein, wenn er die Thiere narkotisirt, was ganz leicht ohne jedes quälende Anschnallen durch Vorhalten eines mit 1 Th. Aether und 1 Th. Chloroform getränkten Tuches an die Schnauze bei grösseren und durch Einschliessen der Thiere in einen äthergetränkte Wattastücke enthaltenden Recipienten bei kleineren Thieren ausgeführt werden kann.[1])

Bezüglich der Verwahrung der Thiere ist es selbstverständlich nöthig, dieselben nach geschehener Infection zu separiren und in eigenen, mit Fress- und Trinkgefässen ausgestatteten Käfigen, beziehungsweise mit Zinkblechboden versehenen, leicht der Desinfection zu unterziehenden Ställen zu halten.

Die Mäuse hält man in Mäusegläsern mit Drahtdeckel, an welchen man, behufs bequemer Erneuerung des Wassers, das Trinkgeschirr anbringt und mittelst einer kleinen Leiter zugänglich macht. Solche Mäusegläser mit Bajonettverschluss erhält man für billiges Geld bei Lenoir & Forster und bei Rud. Siebert, woselbst auch die Mäusezangen und die bekannten Koch'schen und Pravaz'schen Subcutanspritzen, sowie Platinnadeln u. dergl. zu haben sind.

Lebende Thiere werden nach folgenden, von Dr. Schrank in seinem Werke „Anleitung zur Ausführung bakteriologischer Untersuchungen zum Gebrauche für Aerzte, Thierärzte, Nahrungsmittel-, Agricultur- und Gährungschemiker, Apotheker und Bautechniker" zusammengestellten Methoden inficirt:

1. Durch die cutane Impfung; dabei wird mittelst der Lancette die Epidermis weggeschabt oder es werden seichte Schnitte, die nicht bluten sollen, in die Haut gemacht und das Impfmaterial mittelst der Platinnadel eingestrichen.

2. Durch die subcutane Impfung; dabei macht man einen Schnitt durch die Haut und bringt mit der Platinöse das Infectionsmaterial in die so gebildete Hauttasche. Die Mäuse besitzen schon eine solche natürliche Hauttasche an der Insertionsstelle des Schwanzes am Rücken.

3. Die subcutane Injection. Mittelst irgend einer Injectionsspritze wird eine abgemessene Menge verdünnten, respective aufgeschwemmten Infectionsmateriales oder Blutes von schon inficirten Thieren unter die Haut eingespritzt, wie wenn man eine Morphiuminjection machen würde.

4. Durch die intravenöse Injection. Dabei wird eine grössere Vene blossgelegt (so bei Kaninchen die Ohrvene, bei kleineren Thieren die Vena jugularis) und die Canüle der Injectionsspritze eingestochen. Weitere Infectionsarten sind:

5. Die Injection in die vordere Augenkammer. Das Auge wird cocainisirt, ein Lidhalter eingelegt, der Augapfel mittelst einer Häkchenpincette fixirt und die Canüle an der Grenze zwischen Cornea und Sklera eingestochen. Diese Methode soll bei langsam wachsenden Bakterien eine beständige Beobachtung der pathologischen Veränderungen am Auge ermöglichen.

6. Die intraperitoneale Injection. Für gewöhnliche Zwecke genügt eine Morphiumspritze, deren Canüle in eine Bauchfalte sammt dem Peritoneum, welche ein Assistent in die Höhe hebt und hält, eingestossen wird. [illegible]schweinchen halten diesen Eingriff aus, ohne an Bauchfellentzündung zu [illegible] [illegible]eshalb man zu dieser Art von Infection meist nur Meer-

[illegible] durch Inhalation. Bei dieser Infectionsart werden [illegible]wungen, zerstäubtes flüssiges oder festes Infections-[illegible]n. Im Principe bestehen die für die Inhalation von [illegible]n Apparate aus einem Käfige, in welchem die Versuchs-

[1]) [illegible]ere erhalten einen Maulkorb, bevor man sie narkotisirt.

thiere internirt werden und in den ein Rohr mündet, von welchem aus mittelst eines Gebläses der durch einen Spray in kleinste in der Luft suspendirte Partikelchen zerstäubte flüssige Infectionsstoff herausgeblasen oder aber der staubförmige aufgewirbelt wird. In Dr. Schrank's Anleitung etc. finden sich zwei solche Apparate von Buchner beschrieben und abgebildet (S. 165).

8. Die Infection durch Fütterung. Will man diese ausführen, so kann man den Infectionsstoff in ausgehöhlte Kartoffeln bringen. Kaum mehr als „Fütterung" zu bezeichnen sind die Einspritzungen von Infectionsflüssigkeiten durch eine eigens angelegte Magen- oder Darmfistel oder gar durch Eröffnung der Bauchhöhle (Laparotomie), um die Infectionsflüssigkeit gleich in das Duodenum zu bringen, wie es Nicati und Rietsch thaten.

Koch hat, um die Choleraculturen, die er Thieren eingab, nicht der Einwirkung des sauren Magensaftes auszusetzen, mittelst einer Sonde den Versuchsthieren 5 *cm*³ einer kohlensauren Natronlösung injicirt, dann das Thier mit 1 *gr* Opium auf je 200 *gr* Körpergewicht narkotisirt und schliesslich erst die Aufschwemmung der Bouilloncultur eingespritzt, doch kann man, wie erwähnt, den Thierversuch bei Cholera nicht als zweifellos gelungen betrachten.

9. Die intracranielle Infection. Dem Versuchsthiere wird der Schädel durch Trepaniren eröffnet, die Dura mater gespalten, der Infectionsstoff auf die blossgelegte Hirnfläche so schonend als nur möglich aufgestrichen und die Wunde aseptisch vor äusserer Infection geschützt. Wir fügen hier noch als zehnte Infectionsart die an den verschiedensten Körperstellen ausführbare Infection durch Einziehen eines inficirenden Seidenfadens mittelst Nadel an. Bei allen diesen operativen Eingriffen müssen natürlich die Hände mit warmem Wasser und Seife unter Zuhilfenahme einer Nagelbürste gereinigt, dann eine Minute lang in 80percentigen Alkohol getaucht und schliesslich mit $^1/_2$percentiger Sublimatlösung gut desinficirt werden.

Auch müssen jene Hautstellen, an denen am Thiere der operative Eingriff erfolgt (das Operationsfeld), so weit als thunlich, von den Haaren oder Federn befreit, dann mit Aether entfettet und schliesslich mit $^1/_2$percentiger Sublimatlösung desinficirt werden. Die Instrumente werden am leichtesten nach der Methode des Dr. Schimmelbusch durch 10 Minuten langes Kochen in einer Lösung von Soda in Wasser 1 : 100 desinficirt, zur Abkühlung in eine Schale, welche mit 3%iger Carbollösung gefüllt ist, gebracht und können dann nach Abtropfenlassen sofort benützt werden.

Da man aus dem inficirten Thiere, welches meist, falls es nicht refractär ist, im Zeitraume von einigen Tagen bis zu mehreren Monaten an der Infection zu Grunde geht, theils Infectionsstoff zur Umimpfung, theils Deckglas- und Schnittpräparate herstellen muss, so ist es nothwendig, dass der Cadaver unter aseptischen Cautelen eröffnet wird.

Zu diesem Behufe werden die Cadaver der Säugethiere und Amphibien vor der Section in 1%ige Sublimatlösung getaucht, die überschüssige Flüssigkeit mittelst Filtrirpapier abgesaugt, der Körper in der Rückenlage mit vier Stecknadeln oder bei grösseren Thieren mit Nägeln auf einem Brette von entsprechender Grösse fixirt und mit einer (wie oben beschrieben) desinficirten anatomischen Scheere durch einen Längsschnitt, welcher die Brust- und Bauchdecke spaltet, eröffnet. Die Hautdecken werden nun rechts und links zurückgeschlagen und mit der Scheere unter Zuhilfenahme sterilisirter Pincetten die Bauchhöhle eröffnet, worauf die Eingeweide hervortreten. Mit einer anderen sterilisirten Scheere wird die Brusthöhle aufgeschnitten und mit einer dritten Scheere in das Herz eingestochen, wobei Blut hervorquillt, welches man mittelst einer Platinöse oder einer Capillarpipette auffangen und nun entweder zur Umimpfung oder zur Herstellung von künstlichen Reinculturen auf Nähr-

böden oder endlich, und das ist für den praktischen Mikroskopiker das Wichtigste, zur directen mikroskopischen Untersuchung im hängenden Tropfen der feuchten Kammer oder zu Deckglas-Trockenpräparaten benützen kann. Um aus Organstücken reinen Infectionsstoff zu gewinnen, das heisst um Mischinfectionen möglichst zu vermeiden, ist es gut, die ganzen Organe in Sublimatlösung 1 : 1000 abzuspülen und dann erst mit sterilisirten Instrumenten frische Schnittflächen zu schaffen. Uebrigens gelingt es bei allen Vorsichten oft nicht, bei der Umimpfung mit dem Gewebssafte des primär inficirten Versuchsthieres eine Mischinfection zu vermeiden, und es gelingt eine Reincultur oft erst dann, nachdem man das Infectionsmateriale auf eine ganze Reihe von Versuchsthieren umgeimpft hat. Dies ist namentlich beim Cultiviren des Bacillus oedematis maligni der Fall. Nachdem wir hier die Infection besprochen haben, müssen wir nachdrücklich davor warnen, mit Hautwunden an den Händen derlei Infectionen mit für den Menschen pathogenen Bacillen vorzunehmen, da man sich dabei, namentlich bei Rotz und Milzbrand, einer Lebensgefahr aussetzt, deren im Eifer wissenschaftlicher Arbeit oft nicht geachtet wird. Bei den Sectionen muss übrigens auch schon des Leichengiftes wegen mit grösster Vorsicht vorgegangen werden und es sind bei derlei Arbeiten Handschuhe aus Kautschuk, die noch den Vortheil haben, dass sie sich viel energischer desinficiren lassen, als die gegen concentrirte Desinfectionsstoffe empfindlicheren menschlichen Hände, zu empfehlen. Dieselben können durch Lenoir & Forster in Wien u. A. nach Mass über Bestellung bezogen werden.

Was uns noch bezüglich der Infection, namentlich bezüglich jener durch Verdünnung übrig blieb, wird, da es mit der Cultur enge zusammenhängt, im nächsten Absatze an passender Stelle behandelt werden.

3. Die Cultur.

Wir haben im Vorhergehenden die Art und Weise beschrieben, wie die Infection vorgenommen werden muss, sei es an todten oder lebenden Nährböden; nur die Infection durch die sogenannte Verdünnungsmethode, welche sich sowohl an flüssigen, als an festen, jedoch verflüssigbaren Nährböden prakticiren lässt, sparten wir uns auf, bis wir die Anlage einer Reincultur im Ganzen besprechen werden.

Die Vorrichtungen und Handgriffe bei der Anlage von Reinculturen sind verschiedene, je nachdem es sich um flüssige oder feste Nährböden handelt, welch letztere die in der bakteriologischen Praxis fast ausschliesslich verwendeten Nährsubstrate sind, während die ersteren dem Mikroskopiker die Möglichkeit bieten, im hängenden Tropfen der feuchten Kammer Bakterienculturen anzulegen, und sonach für uns ein gewisses Interesse darbieten. Es wurden daher in diesem Leitfaden beide Arten von Nährböden in ihren wichtigsten Repräsentationen behandelt und auch beschrieben, wie selbe sterilisirt werden; es erübrigt uns hier also, bevor wir auf die beispielsweise Besprechung der Anlage von Reinculturen zu diagnostischen Zwecken, das eigentlich vor Augen gehaltene Ziel unseres bakteriologischen Abschnittes in diesem Leitfaden, eingehen, noch einige Apparate zu beschreiben, welche entweder allen Culturmethoden dienen oder bestimmt sind, gewisse Züchtungsverfahren, so etwa die Züchtung der anaëroben Bakterien zu ermöglichen. Wir besprechen im Folgenden zunächst die allen Culturmethoden dienenden Apparate zur Regelung der Temperatur.

Allen Culturverfahren gemeinsam sind gewisse Temperaturen, die geschaffen werden müssen, ob es sich nun um Culturen mit Hilfe flüssiger oder fester Nährböden handelt und ob diese mit Ausschluss oder unter Zutritt der atmosphärischen Luft angelegt werden. Oben haben wir ja gesehen, dass jede Bakterienart ihr specifisches Temperaturoptimum hat, und

Wir wollen hier zuerst die am häufigsten angewendeten Thermostaten mit Gasheizung betrachten, und zwar zuerst deren obenerwähnte Bestandtheile und dann dieselben in ihrem Zusammenwirken. Natürlich können wir in diesem Leitfaden blos einige der gebräuchlichsten Constructionen beschreiben.

Fig. 280 zeigt uns einen Thermostaten aus dem Magazin der den Fachgenossen bekannten Wiener Firma R. Siebert (IX. Garnisongasse 9), welcher einen Cubus von 25 *cm* innerer Lichte darstellt und innen aus Kupferblech, aussen aus verbleitem Stahlblech mit Holz- oder Linoleumverkleidung gefertigt ist. Der Apparat besitzt einen Wasserstandszeiger für das zwischen den Doppelwandungen enthaltene Wärmewasser. Oben sind fünf Tuben angebracht, welche theils zur Aufnahme von Thermometern, theils zur Füllung mit Wasser und zur Aufnahme eines Thermoregulators dienen und von denen auf unserer Zeichnung blos der mittlere Tubulus mit einem Thermometer adjustirt ist. Unter den Vierfuss, auf welchem der Thermostat steht, wird ein Bunsenbrenner gestellt, in dessen Leitung ein Thermoregulator eingeschaltet ist.



Fig. 280.

Wir erwähnen, dass ähnliche Thermoregulatoren schon vor dem Zeitpunkte, in welchem die Bakteriologie ein eigener Wissenszweig wurde, zum Zwecke der künstlichen Bebrütung der Hühnereier in embryologischen Instituten angewendet worden sind. Dieselben sollen vom Gasdrucke, der sich ja bekanntlich Abends hebt, gänzlich unabhängig sein, eine Anforderung, welche die Regulatoren in den seltensten Fällen erfüllen, so dass nebst den Thermoregulatoren auch noch gewöhnliche Gasdruckregulatoren in die Gasleitung vor dem Thermoregulator eingeschaltet zu werden pflegen.

Solche Gasregulatoren sind in den meisten Gasinstallations-Geschäften zu haben, und wäre bei deren vielfachen Constructionsarten ihre Beschreibung hier nicht am Platze. Aber nicht nur der Gasdruck, auch der Barometerstand (Luftdruck) beeinflusst die Wirksamkeit der Thermoregulatoren, doch ist diese Beeinflussung gering und dürfte in den meisten Fällen bei Bakterienculturversuchen nicht allzusehr in die Wagschale fallen.

In Fig. 281, welche dem trefflichen Buche Professor Sigmund Exner's: „Leitfaden bei der mikroskopischen Untersuchung thierischer Gewebe" (Leipzig, Verlag von Wilh. Engelmann, 1878) entnommen ist, wollen wir einen derartigen Thermoregulator betrachten, der, wie die meisten derartigen Apparate, durch Quecksilberausdehnung wirkt und den grossen Vortheil hat, dass man sich ihn selbst herstellen kann, wenn man über einen Blasapparat zum Anfertigen kleiner Glasgeräthe verfügt. *a b c d* ist ein *t*-förmiges Glasrohr mit dem Ansatze *m*, welcher Ansatz es eben erst zum *t*-Rohre macht. *H J K L* ist eine Eprouvette, welche oben mit einem Pfropf verschlossen ist, durch welchen der eine Arm des *t*-Rohres *a b c d* durchgesteckt ist.

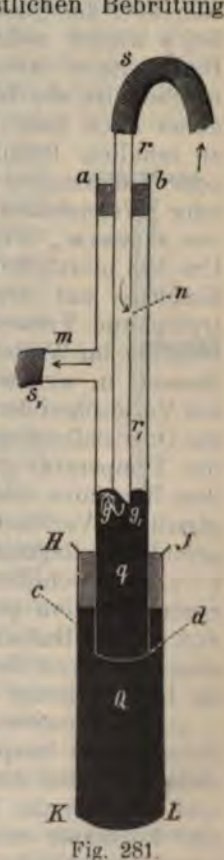


Fig. 281.

In *a b c d* ist oben wieder ein Pfropf, in dessen Bohrung ein dünnes Glasrohr dicht eingesetzt ist. Dieses Glasrohr $r—r_1$ ist unten bei *g* schief abgeschliffen und trägt beiläufig in der Mitte eine feine

Oeffnung bei n, welche man am besten mit einer mit Terpentinöl befeuchteten dreikantigen Feile ausschleift. Das Glasgefäss $H\ J\ K\ L$ ist bei Q mit Quecksilber vollgefüllt, so dass das Quecksilber schon bei Zimmertemperatur, wie bei q ersichtlich, in die t-Röhre $a\ b\ c\ d$ reicht und mit seiner Kuppe unter, aber doch nahe der durch das Schiefschleifen des Endes der Glasröhre $r—r_1$ entstandenen Spitze g steht. Man denke sich nun die Eprouvette $H\ J\ K\ L$ in eine der Tuben des Thermostaten eingesetzt und durch den Schlauch s mit der Gasleitung und durch den Schlauch s_1, welcher an dem Ansatze m angebracht ist, mit einem kleinen Bunsenbrenner verbunden, welcher unter dem Vierfusse des Thermostaten (Fig. 280) brennt, und denke sich weiters durch Stellen des Gashahnes die Höhe der Bunsenflamme so regulirt, dass die Temperatur im Wasser zwischen den Wänden des Thermostaten 38° C. beträgt, falls die Quecksilberkuppe bei g (Fig. 281) die elliptische Oeffnung der Glasröhre $r—r_1$ zu verschliessen beginnt. Wenn nun durch Ansammlung der Wärme im Wasser oder durch Steigerung des Gasdruckes oder durch sonstige Einflüsse die Temperatur des Wassers im Thermostaten 38° C. übersteigt, so wird das Quecksilber Q und q sich ausdehnen und die schiefe (elliptische) Oeffnung des Glasröhrchens $r—r_1$ noch mehr verschliessen, so dass weniger Gas durch s und $r—r_1$ bei g zu m und von da durch s_1 zum Bunsenbrenner gelangt. Dieser wird daher niedriger brennen und in Folge dessen die Temperatur im Thermostaten wieder sinken, vielleicht unter 38° C. fallen. So wie dies geschieht, zieht sich aber das Quecksilber in Q zusammen, der Spiegel $g—g_1$ sinkt und es kann bei g wieder mehr Gas austreten, weshalb der Brenner wieder höher brennt. Dieses Spiel wiederholt sich bei jedem Temperaturwechsel, wodurch es möglich ist, die Wärme des Wassers zwischen den Thermostatenwänden und daher auch jene (etwas niederere) im Thermostaten selbst ziemlich constant zu erhalten. Reguliren lässt sich der beabsichtigte Wärmegrad durch Höher- oder Tieferstellen der Röhre $r—r_1$ (Verschieben im Korke), durch Nachfüllen oder Wegnehmen von Quecksilber, Verstellen des Hahnes der Gasleitung vor s u. s. w., Dinge, die sich nur durch Selbstprobiren erlernen lassen. Um bei plötzlichen starken Wärmeänderungen (welche auch durch äussere Einflüsse auf den Thermostaten, z. B. Bescheinen durch die Sonne, Eintreten und Verweilen vieler Personen in dem schon an sich bezüglich der Heizung im Winter stets möglichst gleichmässig, z. B. auf 14° C., temperirten Raume, in welchem der Thermostat steht, hervorgerufen werden können) ein Verlöschen der Flamme zu vermeiden, welches ja eintreten müsste, wenn die Quecksilberkuppe die Oeffnung bei g in Folge plötzlichen starken Steigens der Temperatur ganz verschliesst, muss man dem Gase einen Weg neben dem Regulator zum Brenner bahnen, welcher gerade weit genug ist, um das gänzliche Verlöschen zu verhindern. Dies geschieht in dem in Fig. 281 abgebildeten Regulator durch die vorerwähnte ganz feine, in die Glasröhre $r—r_1$ eingeschliffene Oeffnung n, durch welche, auch wenn bei g die Gascommunication ganz versperrt wird, noch Gas genug zum Schlauche s_1 und von da zum Bunsenbrenner gelangt, um diesen nicht verlöschen zu lassen, was, abgesehen von den schädlichen Folgen für die Cultur, auch Gasausströmung im Laboratorium und schwere Unglücksfälle nach sich ziehen könnte.

Bei grösseren Thermostaten bringt man deshalb neben dem regulirten Brenner und knapp an diesem einen kleinen Brenner an, dessen Flämmchen zwar auch bei niederstem Gasdrucke brennt, aber nicht im Stande ist, an und für sich die Temperatur im Thermostaten wesentlich zu beeinflussen. Der Regulator erhält dann auch keine Nothöffnung n im Röhrchen $r—r_1$. Löscht die regulirte Flamme aus, so brennt doch die Nothflamme, und kommt dann durch die sinkende Temperatur wieder Gas zum regulirten Brenner, so entzündet es sich sofort an dem Nothflämmchen.

Eine von Prof. Koch und Pfeil construirte Gaslampe mit selbstthätigem Gasverschluss, welche die vorerwähnten Gefahren einer Gasausströmung sogar für den Fall des Erlöschens der Lampe trotz Nothöffnung und Nothflamme beseitigt, zeigt Fig. 282 in der Ausführung von R. Siebert. Sie beruht auf der Ausdehnung, respective Zusammenziehung der Metalle in festem Zustande.

In der Regel wählt man aber nicht, wie wir der leichteren Verständlichkeit wegen gethan haben, als Ausgangspunkt der Temperaturregulirung jenen Stand des Quecksilbers, bei welchem die Röhre $r-r_1$ sich zu verschliessen beginnt, sondern bringt durch Stellung des Metallhahnes an der Gasleitung schon mittelst der Nothflamme jene Temperatur hervor, die man constant zu erhalten wünscht, und taucht, sobald diese erreicht ist, die Röhre $r-r_1$ so tief in das Quecksilber q, dass die Oeffnung bei g verschlossen ist. Sinkt dann die Temperatur, so brennt die regulirte Flamme höher und stellt die Constanz der Temperatur wieder her u. s. w.



Fig. 282.

Auf dem eben beschriebenen Principe beruht Schenk's vortrefflicher Thermoregulator, welchen wir in der praktischen und leicht zerlegbaren Form, wie ihn Siebert, mit Quecksilber gefüllt, für 5 *K* liefert, in Fig. 283 abbilden. Anstatt einer *t*-förmigen Abzweigung ist der Pfropf im oberen trichterförmigen Glasgefässe doppelt durchbohrt. Rechts tritt das Gas durch ein unten schief abgeschnittenes Röhrchen ein und links durch ein zweites im Korke steckendes Röhrchen in der Richtung zum Bunsenbrenner aus. Eingestellt wird der Schenk'sche Thermoregulator in der Weise, dass das unten schief abgeschnittene, in Fig. 284 rechts oben ersichtliche Eintrittsrohr des Gases, welches auch die kleine Oeffnung n (Fig. 281) erhalten kann, in die Quecksilberkuppe bis zum vollständigen Verschlusse der elliptischen Oeffnung (aber auch nicht mehr!) eingetaucht wird, so dass dann der Brenner nur durch die vorbesprochene Nothöffnung Gas zugeführt erhält. Sinkt dann die Temperatur im Thermostaten, in dessen Heizwasser die Eprouvette (mit Quecksilber gefüllt) steckt, so strömt wieder mehr Gas zu u. s. w. Auf ähnlichem Principe beruht Reichert's sehr beliebter Thermoregulator (Fig. 284), welcher rechts eine Schraube trägt, mittelst welcher man das Quecksilberniveau verstellen kann, also keine Röhre zu schieben braucht.

Fig. 283.



Fig. 284.

Altmann's Regulator lässt sich leicht verstehen, wenn man sich in Schenk's Regulator, Fig. 283, über dem Quecksilber in der Eprouvette 3 *cm* hoch ein Gemisch von Alkohol und Aether aufgegossen denkt, dessen Dämpfe je nach dem Wärmegrad auf das Quecksilber drücken und es in einer Steigröhre heben, anstatt dass, wie bei Schenk's Regulator, dies durch die Ausdehnung des Quecksilbers selbst besorgt wird.

Soxhlet hat einen Thermoregulator construirt, welcher, ziemlich complicirt, ebenfalls mit Alkohol, Aether und Quecksilber gefüllt ist und gänzlich unabhängig vom Barometerstande arbeiten soll. Dessen Inbetriebsetzung ist etwas schwierig, und glauben wir uns dessen Beschreibung in diesem Leitfaden

ersparen zu dürfen. Wer sich über denselben zu informiren w
ihn in Dr. Schrank's Anleitung zur Ausführung bakteriologischer U
S. 123 beschrieben und S. 122 abgebildet.

Auch auf die elektromagnetischen Thermoregulatoren,
ihrer Complicirtheit selten angewendet zu werden pflegen, soll hi
eingegangen werden; bemerken wollen wir blos, dass es solche
brenner und nicht nur, wie oben erwähnt, für Spirituslampen

Vorzügliche Thermoregulatoren ohne Anwendung von Qu
ähnlichen temperaturempfindlichen Flüssigkeiten sind die sogenan
regulatoren, wie jene von Rohrbeck, Müncke u. A., insbeso
von d'Arsonval, welchen der genannte Forscher an seinem
Thermostaten angebracht hat. Fig. 285 zeigt den mit dem Mem
adjustirten Apparat. Bei
in den Membranregulator
es zu dem ringförmigen, n
Brenner *b*. Zwischen den W
wird gekochtes Wasser eing
an der Membrane *m* (Gum
gewelltes Metallblech) an
diese einen Seitendruck a
Drucke wirkt eine Feder
Gasrohr, das bis zur Mem
spiralig gewickelt ist, ent

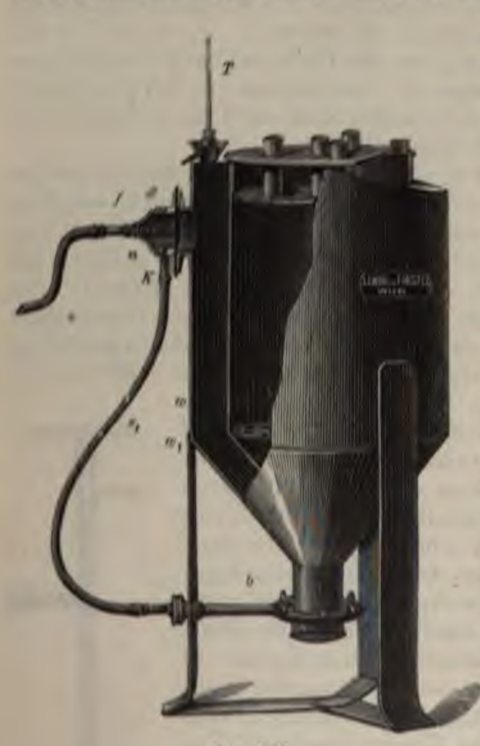


Fig. 285.

Erwähntes Gasrohr h
Nothöffnung *n* zwischen d
der Spiralfeder *f*. Das Gasr
Schrauben an der Kapsel
der Membrane entfernt,
die Flammen angezünde
Wasser in den Wandung
wünschten Temperatur, we
mometer *T* anzeigt, er
schraubt man das Gasrohr
an die Membrane, dass le
verschliesst, so dass die
durch die Nothöffnung *n* ge
Die Temperatur des Was
den Wänden wird sinken,
wird dadurch der Spiralfed
die Oeffnung des Gasrob
werden und daher die Flamme wieder stärker brennen und so

So gut diese Regulatoren ausgedacht sind, sollen selbe se
der Behandlung und empfindlich gegen Gasdruckschwankunge
Fehler sind vermieden im neuen Präcisionsthermoregulator des k
reichischen Hauptmannes C. A. Porges, welchen wir in Fig.
Ueber dessen Construction entnehmen wir den Mittheilungen aus d
physikalischen Institute Lenoir & Forster in Wien Nachsteh

„Unter der grossen Anzahl von Wärmereglern verschied
haben sich bei den gesteigerten Anforderungen, welche in letztere
lich von Seite der Bakteriologen an diese Instrumente gestellt
wenige einigermassen bewährt, auch die besten aber leiden un
theile, dass sie, zum Theil aus Glas gefertigt, leicht zerbrechli
mit Quecksilber und irgend einer dampfbildenden Flüssigkeit zu
in fertigem Zustande gar nicht versendbar sind.

Der von C. A. Porges, k. u. k. Hauptmann des Geniestabes, construirte Thermoregulator, ganz aus Metall hergestellt und sofort zum Gebrauche bereit, ohne dass auf der Reise irgend eine Beschädigung ihn treffen kann, ist deshalb geeignet, alle bisherigen Modelle in dieser Hinsicht zu übertreffen, und wird, da er ausserdem in präcisester Weise funktionirt und die Temperatur selbst in schlecht isolirten Gefässen, wie einfachen Trockenkästen, auf $^1/_2$—1 Grad constant zu erhalten ermöglicht, gewiss den vielen Interessenten ein willkommenes Werkzeug sein.

Der Apparat beruht auf der Thatsache, dass der Druck gesättigter Dämpfe mit deren Temperatur stets in bestimmtem unveränderlichen Zusammenhang steht. Eine in einer röhrenförmigen Kapsel *K* jeweilig eingeschlossene Flüssigkeit von bestimmtem passenden Siedepunkt überträgt ihren Dampfdruck durch Aufblähen einer Membrane auf das die Gaszufuhr abschliessende Ventil *V*. Letzteres steht ausserdem unter der Einwirkung einer Spiralfeder *F*, welche dazu dient, den Druck, welcher von aussen auf der Membrane lastet, zu verändern, wodurch es möglich wird, die Wirkung des Ventils innerhalb der Grenzen von circa 30 Grad beliebig zu verlegen.

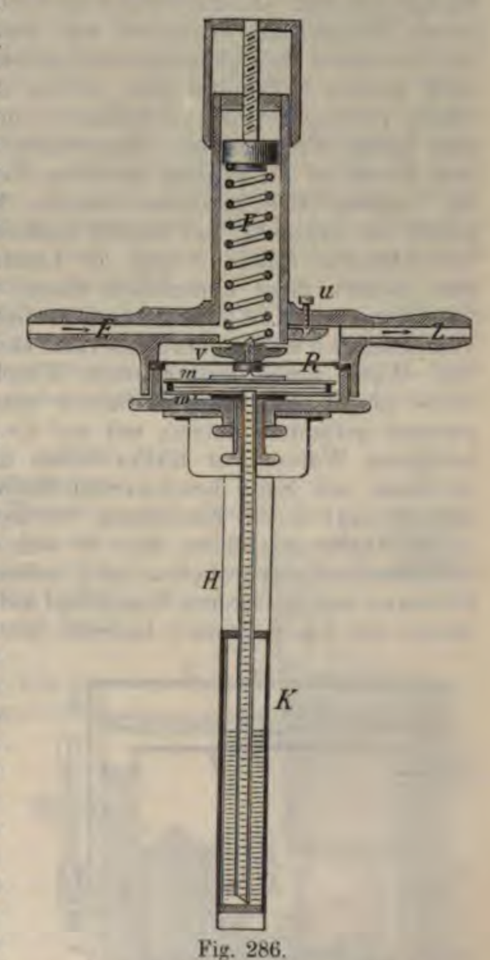


Fig. 286.

Das Gas tritt bei *E* in den Apparat, erfüllt bei offenem Ventil *V* den Raum *R* und entweicht bei *Z* zu dem Brenner. Sobald die Temperatur steigt, blähen sich die Membranen *m m* auf und schliessen nach und nach den Gaszutritt nach *R* ab. Tritt eine Abkühlung ein, so wird das Ventil entsprechend dem verminderten Dampfdruck entlastet, das Gas strömt wieder kräftiger zu, die Flamme wächst und durch dieses äusserst prompt sich wiederholende Spiel gelingt es, die Temperatur stets auf der gewünschten Stufe zu halten. Eine Umgangsleitung *u* verhindert unter allen Umständen das völlige Erlöschen.

Selbstverständlich gelten auch für die Anwendung dieses Regulators die im Allgemeinen bei der Verwendung von Brutkästen giltigen Vorsichtsmassregeln; man wird die heizende Flamme den Dimensionen des Kastens von vorneherein anzupassen haben, damit nicht durch ein zu jähes Erhitzen einzelner Kastentheile, besonders bei einfach oder mangelhaft construirten Thermostaten, grosse Temperaturdifferenzen an verschiedenen Punkten des Kastens auftreten. Wird der Thermoregulator in Flüssigkeiten eingesenkt, so ist die vernickelte Schutzhülse *H* über die Kapsel zu schieben. In Thermostaten, welche mit Sorgfalt und Anwendung der bei den neuesten Erzeugnissen dieser Art üblichen Einrichtungen zur Erhaltung einer gleichmässigen Temperatur construirt sind, arbeitet der Apparat mit fast absoluter Genauigkeit. Ein Einfluss der Barometerschwankungen konnte bisher nicht

constatirt werden. Derselbe ist auch jedenfalls sehr gering, da die h
kommenden Druckänderungen gegen die Aenderungen des Dampfdru
Innern der Kapsel meist verschwindend klein sind."

Wir erwähnen noch, dass der allerdings nicht ganz billige
(Preis circa 45 *K*) von Obersanitätsrath Dr. Max **Gruber** un
Klemensiewicz als sehr empfindlich gegen Temperaturschwa
und sehr unempfindlich gegen Gasdruckvariationen gelobt wur
daher gewiss allen Jenen empfohlen werden kann, welche eines
Thermoregulators für Gasbrenner bedürfen. In der Regel wird man s
hochgespannten Anforderungen mit **Schenk**'s Thermoregulator sein A
finden. Gleichzeitig erwähnen wir, dass, falls Jemand kein Gas zur V
hat, es ausser den gleich zu beschreibenden **Greiner**'schen Regulator
noch andere Hilfsmittel gibt, welche die Thermostaten einigermasse
setzen vermögen. Für **niedrigere** Temperaturen als Zimmertemperat
man kleine Eisschränke, Wasserkübel (mit Watte umwunden), in
sich Eisstücke im Wasser befinden (Temperatur 5—8° C.) und in wel
die Culturgefässe in einem zweiten Metallkübel, der am Boden m
gefüllt ist, einsenkt, mit Deckel bedeckt und in mässig temperirte, de
verschlossene Räume bringt, als Ersatz für kostspieligere Apparate b
Man bedarf ihrer namentlich dann, wenn man zur Sommerszeit
flüssigung von Choleraculturen in Gelatine hintanhalten will. Für
Temperaturen als Zimmertemperatur kann man nach **Esmarch**'s Vorga
(mit Watte umhüllten) grossen Waschtopf auf drei Füsse (ich ha
sechs Ziegel, die zu drei Paaren unter den Topf geschoben wurd
passend gefunden) setzen, mit auf die gewünschte Temperatur (etwa
erhitztem Wasser zur Hälfte füllen und die Culturen (in Reagensg
in einem mit Sand beschwerten Becherglase hineinsenken. Unter d
setzt **Esmarch** ein Nachtlicht. Verfasser dieses hat den Apparat a
in der Weise modificirt, dass er sich auch für die später zu bespre
Platteneulturen gebrauchen lässt, indem er statt des Becherglases ein
kleineren und niedereren Waschtopf auf drei Holzklötzen in den grösse
diesen mit einem Deckel bedeckt, über den Deckel des kleineren T
Scheibe aus Filz legt (b
macher zu erhalten) und nun
grösseren Topf mit einem D
deckt. Zwischen die beiden T
Wasser von der gewünschten T
seitlich kann man ein Ther
eine hiefür vom Spengler
Kreuzer in die Wand des äu
eingesetzte Tube mittelst
so dass die Kugel von de
zwischen den beiden T
Wasser umspült ist. U
setzt Verfasser eine
lampe mit einem
höherer Temper
Dochten (Nachtlic



Fig. 287.

...peratur innerhalb dreier Thermometergrade
...man den Apparat, gegen Sonnenlicht und Luft
...mmer aufstellt und die Zahl der Nachtlicht
...zeigt die vom Verfasser getroffene, na
...de, den Mikroskopiker besonders interessir
...genannte Objectträgercultur mit festen

böden, genügend Raum bietende Anordnung, deren Kosten sammt Thermometer 10 *K* nicht wesentlich übersteigen dürften, wenn man auch alle Bestandtheile derselben neu kauft. *T* ist der grössere Waschtopf, welcher mit der Watte *w* umgeben ist, *t* der kleinere Topf, welcher, anstatt beschwert zu sein, am Auftrieb durch die Häkchen *h* verhindert ist und innen bei *K* die später zu beschreibende Einrichtung für Objectträgerculturen oder sonst eine ähnliche Vorrichtung (etwa ein Eprouvettengestelle mit Reagensglasculturen) aufnimmt. Am grösseren Topfe ist bei *tb* ein Tubulus angebracht, in welchem mittelst Korkes das Thermometer *Th* eingelassen ist. *ho* sind Holzklötze, welche die Böden des grösseren und des kleineren Topfes auseinanderhalten, *zz* die Ziegel, auf denen der grosse Topf steht, *o* ein sehr flaches (damit das Sinken des Oelspiegels beim Abbrennen keine merkliche Distanzänderung der Flämmchen *fl* vom Boden des Topfes hervorruft), mit Rüböl gefülltes Gefäss, in welchem zwei Nachtlichter schwimmen. *W* ist das Wasser zwischen den Wänden der beiden Töpfe, *d* der Deckel des kleineren, *D* jener des grösseren Topfes, *f* die Filzscheibe zwischen den Deckeln. Auf ähnliche Weise hat Migula einen Thermostaten improvisirt, indem er zwei Pappendeckelkisten (Postcartons?) ineinanderschob, deren Wände einen mit Watte auszufüllenden Zwischenraum von circa 5 *cm* zwischen sich lassen, die Kisten auf einen Vierfuss mit einer Tragplatte aus starkem Zinkblech stellte, mit einer Petroleumlampe ohne Cylinder erwärmte und in die Kisten mittelst einer Oeffnung in einem Korke ein Thermometer einsenkte. Die Schwankungen des Apparatthermometers sollen bei Migula's Thermostaten blos 4° C. betragen, doch glaubt Verfasser, dass die cylinderlose Petroleumlampe einen sehr unangenehmen Geruch verbreiten dürfte.

Hier sei bemerkt, dass ebenso kleine Flämmchen wie die Oel- und Petroleumflämmchen auch bei Gasheizung der Thermostaten Anwendung finden. Man schützt sie vor Zugluft durch kleine Glimmercylinder und nennt sie dann „Mikrobrenner". Fig. 288 zeigt einen solchen von R. Siebert mit drei Flämmchen.

Die vorgenannten Improvisationen, wie Esmarch's Brütofen, ferner Migula's Pappendeckel-

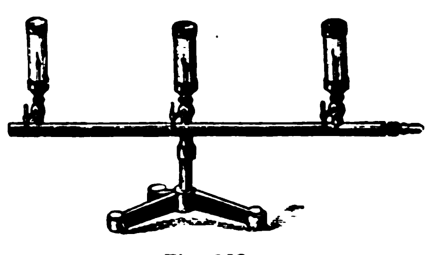


Fig. 288.

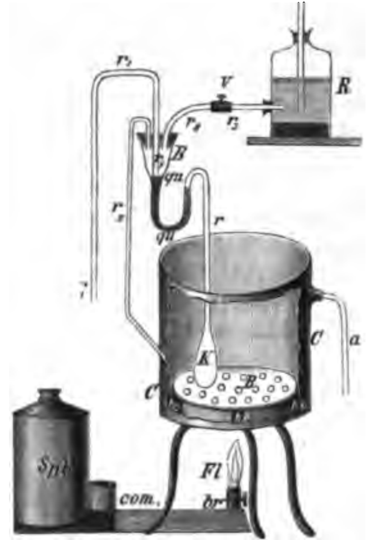


Fig. 289.

thermostat, genügen natürlich nur bescheidenen Anforderungen, und wer eines Apparates bedarf, welcher weitgehenderen Ansprüchen entsprechen soll, ohne auf eine Gasleitung rechnen zu können, dem sei der in Fig. 289 halbschematisch gezeichnete Thermostat für Spiritusheizung von Johann Greiner in München empfohlen. *Spb* ist ein geräumiger Spiritusbehälter, welcher auf viele Tage Brennstoff fasst und durch eine eigenthümlich construirte Communication *com* zum Brenner *br* gerade genug Spiritus entsendet, dass die durch Dochtschraube regulirbare Flamme *Fl* genährt wird. Natürlich kann irgend eine andere Heizflamme verwendet werden, weil die Regulirung der Temperatur

Mitteln das Temperaturoptimum der Bakterienculturen herstellen oder erhalten kann, also gerade das Gegentheil von dem, was man bei der Sterilisation bewirken wollte, und wollen hervorheben, dass das Thermometer für den Bakteriologen bei allen seinen Arbeiten eine grosse Rolle spielt. Sogar die Sporenbildung, über welche wir oben bei Besprechung der Sterilisation gehört haben, dass sie bei relativ hohen Temperaturen vor sich geht, bewirken wir künstlich durch allmälige Erhitzung der Culturen mancher Bakterien über 50° C., was entweder mittelst eines der oben beschriebenen Sterilisationsapparate (durch sehr kurze Zeit, da sonst auch die Sporen vernichtet würden) oder noch besser mittelst der Salzwasser- und Oelbäder, welche eine sehr allmälige Erhitzung der in passenden Gefässen in dieselben eingehängten Culturen von Zimmertemperatur bis über 100° C. gestatten, erzielt werden kann.

Wir haben im Vorhergegangenen, nachdem wir weiter oben die Herstellung und Sterilisation der Nährböden, dann die wichtigsten Grundsätze der Infection, namentlich jener am lebenden Thiere, kennen gelernt haben, die wichtigsten Apparate besprochen, welche das Gedeihen der anzulegenden Bakterienculturen durch Schaffung ihres Temperaturoptimums ermöglichen. Man darf aber deshalb nicht glauben, dass nicht sehr viele Culturen auch bei ziemlich verschiedenen Temperaturen, natürlich innerhalb gewisser Grenzen, üppig gedeihen und sich ausserhalb des Thermostaten züchten lassen, so z. B. Milzbrandbacillen; Cholerabacillen gedeihen in Gelatine schon bei relativ niederer Temperatur, auf Kartoffeln erst bei 30° C. oder noch höherer Wärme, so dass man sagen kann, dass das Temperaturoptimum auch nach den angewendeten Nährböden ein verschiedenes ist.

Die meisten saprophytischen Bakterien haben ein Temperaturoptimum, welches zwischen 25 und 30° C. liegt; eine Erdbakterie, Bacillus thermophilus genannt, entwickelt sich schon beim Schmelzpunkte des Eises, erreicht aber ihr Temperaturoptimum erst bei 65—70° C.!

Dies wollte Verfasser vorausschicken, ehe er daran geht, weitere Apparate und Handgriffe zur Cultur von Bakterien zu beschreiben.

Wir werden nun die Züchtungsarten der Bakterien zur Vereinfachung der Uebersicht nach dem Vorgange Dr. Schrank's und anderer Bakteriologen in zwei Hauptarten theilen: 1. die Züchtung unter Luftzutritt (Cultur der aëroben Bakterien); 2. die Züchtung mit Ausschluss der Luft, des Sauerstoffes (Cultur der anaëroben Bakterien).

Beide Züchtungsarten können sich wieder der flüssigen oder der festen Nährböden bedienen. Dementsprechend sind auch die Geräthe und Handgriffe verschieden.

A. Züchtung der aëroben Bakterien in flüssigen Nährsubstraten.

Hier können wir natürlich nur die für den Mikroskopiker wichtigsten Culturmethoden anführen.

1. Die physiologische Methode.

Die Bakterien, welche man nicht züchten will, werden durch ungünstige Einflüsse, wie Temperaturen, Reactionen (Zusätze von Säuren oder Alkalien), am Wachsthum gehindert, so dass sich nur die gewünschte Art entwickelt. Eine solche Methode ist z. B. die fractionirte Sterilisation (siehe oben).

Beispiel: Sputum von Tuberculösen wird auf 65° C. erwärmt. Die anderen Bakterien sterben ab, die Tuberkelbacillen überdauern. Diese Methode wird auch bei festen Nährböden angewendet. Kitasato erwärmt z. B. Agar, auf welches mit geglühtem Platin Eiter aus der Wunde eines an Wund-

Aehnlich wird verwendet die Klebs'sche Glasröhre, Fig. 295, und jene von Brefeld-Hueppe, Fig. 296. An unsere oben beschriebene feuchte Kammer, die wir uns in viereckiger Gestalt selbst anfertigen können, erinnert der Ranvier-Prazmowsky'sche Objectträger, Fig. 297 o—o_1—o_2 ist ein eigenthümlich geschliffener Objectträger, auf welchen mit Vaselin das Deck-

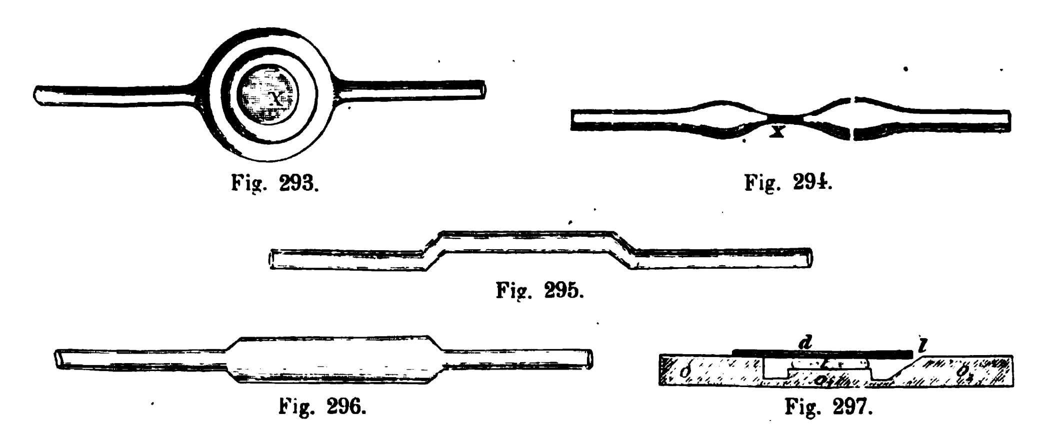


Fig. 293. Fig. 294. Fig. 295. Fig. 296. Fig. 297.

glas d kommt, an welchem zwischen d und o_1 der zur Cultur benützte Tropfen t hängt. Bei l kann man Luft zutreten lassen.

Diese Instrumentchen werden mit Aether und sterilisirtem Wasser nach Gebrauch ausgewaschen. Nimmt man grosse Deckgläser, z. B. Siebert's 22 *mm* C, so kann man bequem mit homogenen Immersionen untersuchen. Sehr schöne Bilder erhielt ich mit einer $^1/_{12}$" Brennweite haltenden homogenen Immersion von Reichert in Wien (sogenanntem „Semiapochromaten"), ferner mit einer $^1/_{15}$" neuconstruirten homogenen Immersion von Louis Merker, XVIII. Czermakgasse 15, welche durch eine besonders geschickte Form der Frontlinsenfassung gestattet, mit stecknadelkopfgrossen Cedernholzöltropfen zu arbeiten, was für das Betrachten lebender Objecte in feuchten Kammern sehr bequem ist, da man nicht in Gefahr kommt, dass das Immersionsöl in die feuchte Kammer eindringt und die Cultur stört.

Eine Leitz'sche homogene Immersion ($^1/_{12}$") leistete noch Dienste, selbst wenn man relativ starke Deckgläschen (von 0·18 Dicke) anwendete. Man kann also mit diesen Hilfsmitteln lebende Bakterien züchten und unter den stärksten Vergrösserungen deren Entwicklung verfolgen.

B. Aërobe Cultur in festen Nährböden.

Es wird die Cultur in Flüssigkeiten, wie schon oben erwähnt, heute nur mehr selten angewendet. Meist wendet man die oben beschriebenen festen Nährböden an. Bevor wir meritorisch auf die Culturmethoden eingehen, wollen wir gleich erwähnen, dass man die festen Nährböden entweder in Reagensgläser, in die Petri'schen Schalen, ferner in eigenthümliche Culturgefässe, wie z. B. die Kowalski'schen Culturkolben, die Lipez'schen und Kamen'schen Behälter, geben — und wer sich dafür näher interessirt, findet in den Preiscouranten der Fachgeschäfte Abbildung und Preise aller dieser Geräthe — oder aber auf Platten bringen kann. Uns interessiren namentlich deshalb die Platten, weil auch Objectträger als Culturplatten verwendet werden können und namentlich bei transparenten Nährböden eine unmittelbare Beobachtung der lebenden Culturen ermöglichen. Wie ein Reagensglas aussieht, weiss Jedermann, ich brauche es also nicht abzubilden.

wird das Ganze regelmässig gedreht. Auch hier ist die Vergrösserung der Fläche des Nährbodens der Zweck des Verfahrens.

2. Culturschalen.

Die in Fig. 298 oben abgebildeten Culturschalen werden im Nivellirgestelle mit dem erstarrenden Nährsubstrate beschickt oder Kartoffeln u. dergl. in Scheiben eingebracht. Alles wird gut sterilisirt und dann geimpft (siehe oben „Infection").

3. Culturplatten.

a) Objectträgerculturen nach Koch.

Auf dem Nivellirgestell wird unter allen Cautelen auf einem Objectträger das transparente Nährsubstrat, meist etwas Gelatine, ausgegossen, dann inficirt und in den Glassturzapparat, „feuchte Kammer" genannt (in Fig. 287 im Thermostaten), gebracht. Die aufkeimenden Culturen können unter dem Mikroskope beobachtet werden,[1]) auch wenn man nur im Besitze eines kleineren Mikroskopes ist, auf dessen Tisch grössere Culturgeräthe keinen genügenden Platz finden würden.

b) Koch's eigentliche Plattenculturen.

Zu Plattenculturen wird wohl am häufigsten Gelatine oder Agar-Agar verwendet. In ein mit dem betreffenden Nährsubstrate gefülltes Reagensglas bringt man unter Erwärmen und Hin- und Herbewegen des Ganzen die inficirte Platinnadel (siehe oben Abschnitt „Infection").

Aus dem in dieser Weise inficirten Reagensgläschen entnimmt man mit einer ausgeglühten Platinöse drei Proben und bringt diese in ein zweites, bis zum Schmelzen des Nährsubstrates erwärmtes Reagensglas. Aus diesem letzteren entnimmt man wieder drei Oesen und impft ein drittes Reagensgläschen. Man bereitet sich die viereckigen, gewöhnlich 10 *cm* langen und 6—8 *cm* breiten Platten vor, indem man sie am besten sammt den Glasbänkchen 20 Minuten im Trockenschranke sterilisirt und auf dem Nivellirgestelle abkühlen lässt, und giesst dann den Inhalt der drei Eprouvetten auf je eine Platte aus. Nach Erstarrung unter der Glasglocke kommen die Platten auf den Glasbänkchen in die „feuchte Kammer" und dann in den Thermostaten. Man kann natürlich auch mehr als drei Verdünnungen machen. Diese haben den Zweck, bei sehr keimreichem Materiale (was man ja bei diagnostischen Untersuchungen früher nicht weiss) noch genügend isolirte Culturen hervorwachsen zu lassen. Man kann natürlich die Verdünnungen anstatt mit Oesen auch mit anderen grösseren Mengen machen. Immer bleibt das wesentliche Moment die Verdünnung, damit man auf einer Platte schliesslich blos wenige, leicht von einander zu unterscheidende Culturen erhält.

4. Kölbchenculturen nach Erlenmeyer, Kowalski etc.

Die Kölbchen werden sterilisirt, der sterilisirte Nährboden eingegossen, so dass er in dünner Schicht den breiten Boden des Kölbchens (Fig. 299 und 300) bedeckt, neuerlich sterilisirt, geimpft, mit Watteverschluss zum Erstarren und in den Thermostaten gebracht.

Da die Entnahme von Material und die directe mikroskopische Untersuchung schwierig ist, haben für den Mikroskopiker diese Culturen weniger Interesse. Dr. Kowalski hat jedoch eine solche Dexterität erlangt, dass er mit seinen, gegen eine unerwünschte Fehlinfection grösste Sicherheit bietenden Kölbchen rasch und sicher alle Untersuchungen bewältigte.

Wir wollen jetzt ein Beispiel von Untersuchung mit Hilfe von Rein-

[1]) Versieht man die Objectträger schon in der Glasfabrik mit aufgeschmolzenen Glasplatten aus 0·4 *cm* starkem Spiegelglase (Marpman), so kann man in die entstandenen Zellen die Gelatine eingiessen und durch Deckgläser schützen.

culturen geben. Von solchen, die weitgehendere Vorkehrungen erfordern, wie z. B. Versuchsthiere, wollen wir aus oben angegebenen Gründen absehen. An diesem Beispiele werden wir sehen, wie lebende Culturen mit dem Mikroskope untersucht und zu diagnostischen Zwecken verwerthet werden. Kein Beispiel eignet sich hiezu besser, als die Choleracultur aus Fäcalien oder Darminhalt, da einerseits bei der Cholera der Thierversuch nicht unumgänglich nothwendig ist und andere mikroskopische und makroskopische Merkmale ausschlaggebend, andererseits solche Fälle sehr wichtig sind und rasch behandelt werden müssen.

Als Beispiel der Anlage einer Reincultur wollen wir annehmen, dass ein choleraverdächtiger Stuhl zu untersuchen wäre. (Bei Todesfällen wird nach erfolgter Section der Inhalt einer Dünndarmschlinge verwendet.)

Man sterilisirt vor Allem im Trockenkasten mehrere Glasplatten durch beiläufig 40 Minuten. Während die Glasplatten im Trockenschranke sind, nimmt man einen Nährboden, z. B. Gelatine, und füllt ihn in der oben erwähnten Weise in Eprouvetten, sterilisirt und verschliesst mit Wattepfropfen. Dann lässt man die Eprouvetten auskühlen, nimmt mehrere davon, erwärmt sie neuerlich blos so weit, dass der Nährboden flüssig wird, und entnimmt nun mit ausgeglühter Platinöse von dem meist reiswasserähnlichen, choleraverdächtigen Dejecte ein Flöckchen. Dann führt man die inficirte Oese in das eine Reagensglas ein und vertheilt durch Bewegen der Oese den Inhalt derselben gut in dem Nährboden. Aus diesem Reagensglase nimmt man nun drei Oesen voll und vertheilt sie im zweiten Gläschen und vom zweiten entnimmt man neuerlich drei Oesen und inficirt damit das dritte Reagensgläschen und so fort, bis man etwa 6—8 Eprouvetten inficirt hat, wobei die Verdünnung des Infectionsstoffes mit jedem Gläschen zunimmt.

Man giesst nun aus dem erwähnten inficirten Gläschen den Inhalt mittelst des oben beschriebenen Giessapparates auf die sterilisirten Glasplatten und bringt diese (es können auch Objectträger sein) au Glasbänkchen unter einem Glassturze auf eine Tasse, welche mit Sublimatwasser angefeuchtetes Filtrirpapier enthält (feuchte Kammer). Dadurch werden fremde Keime abgehalten und die Gelatine kann nicht austrocknen. Im Sommer schmilzt die Gelatine leicht und man muss dann die Culturen in einen Thermostaten bringen, welcher sie auf 15—16° Temperatur erhält, z. B. den Greiner'schen, den wir oben beschrieben haben.

Grosse Laboratorien haben hiezu eigene Kühlräume, es genügen aber auch Thermostaten nach Art der von mir in Fig. 287 dargestellten Improvisation, wenn man kaltes Brunnenwasser verwendet und mit dem Oelflämmchen erwärmt, bis Zimmertemperatur (um 14° C herum) erreicht ist, und dann ab und zu ein Eisstückchen in das Wasser hineingibt. Man überlässt nun die Platten sich selbst und man wird merken, dass auf allen Platten Colonien mit unregelmässigen Contouren entstehen. Darunter werden auch andere als Choleraculturen sein. Auf der letzten Platte werden die Colonien in Folge der Verdünnung am spärlichsten, daher am leichtesten zu übersehen sein.



Fig. 303.

Man controlirt die Platte mit dem Mikroskope; bei schwacher Vergrösserung werden die Choleracolonien das Aussehen zeigen wie Fig. 303. Sie sehen aus wie Glasbröckchen.

Mitunter will man die Zahl der Colonien zählen. Hiezu dient ausser anderen Zählapparaten insbesondere die Zählplatte nach G. Wolffhügel, Fig. 304.

Dies ist eine Glasplatte von 17 *cm*² mit Quadratcentimetertheilung mit schwarzer Unterlage. Auf diese Vorrichtung legt man die Culturplatte auf und zählt die Anzahl der Colonien auf der Flächeneinheit oder mehreren Einheiten.

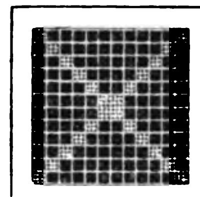


Fig. 304.

Hat man mit dem Mikroskope bei circa 100maliger Vergrösserung eine Colonie, die als kaum stecknadelkopfgrosses Fleckchen erscheinen kann, als Choleracolonie zu erkennen geglaubt, so gilt es nun, gerade dieser Colonie Proben zu weiterer Untersuchung zu entnehmen. Dr. Schrank hat hiezu einen Bakterienstechapparat für Mikroskope mit Revolver erfunden, welcher bei Reichert, aber auch bei L. Merker und bei F. Ebeling zu haben ist. Er besteht aus einer Objectivsystemfassung mit Hartnack'schem oder englischem Gewinde, in welchem anstatt der Glaslinsen eine Hülse mit Feder sitzt, gegen welche Feder eine Platinnadel drückt, die etwas aus der Objectivöffnung herausragt. Hat man nun mit einem schwachen Objectivsystem die Cultur auf der Platte gefunden, so dreht man den Tubus in die Höhe und schlägt den Revolver, an welchem sich genau centrirt neben dem Untersuchungssystem noch mindestens der Schrank'sche Bakterienstecher befindet, um und nun steht der Bakterienstecher centrisch über der verdächtigen Colonie. Geht man nun mit dem Tubus herab, bis die Platinnadel von der Feder in der Hülse der objectivartigen Fassung des Bakterienstechers gegen die Colonie gedrückt wurde und wieder zurückweicht, so ist es klar, dass die Platinnadel mit den Bakterien der verdächtigen Colonie und gerade nur von dieser inficirt ist.

Man kann nun mit dieser Nadel Stichculturen in mit Nährsubstrat gefüllte Eprouvetten machen, kann „hängende Tropfen" unter starke Systeme des Mikroskopes bringen und hier die Choleravibrionen als schraubenartige kurze Fäden, die sich mückenschwarmartig lebhaft bewegen,[1]) beobachten (Hueppe) u. s. w. Kurz, man hat eine Probe von der Reincultur. Wer, was allerdings heute in Oesterreich selten ist, an seinem Mikroskope keinen Revolver haben sollte, der kann sich der sogenannten Praussnitz'schen Abimpf-Vorrichtung (Fig. 305) bedienen. Der halbirte Reifen *r* wird mittelst der Schraube *s* um den unteren Theil des Tubus *t* befestigt, an welchem das schwache Objectiv *o* sitzt. An der Leiste *l* des Apparates sitzt eine Fahne aus Metall *f*; man visirt nun die Platte, die Cultur *c* verschiebend, hin und her, bis die verdächtige Stelle im Gesichtsfelde ist. Nun bringt man eine gewöhnliche Platinnadel *p* in den Einschnitt der Metallfahne bei *x*, und sich an den Apparat stützend, kann man der Reincultur eine Probe entnehmen.

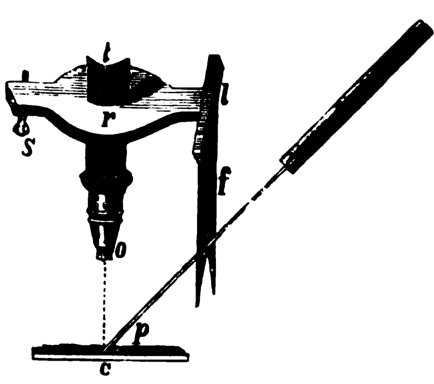


Fig. 305.

Legt man bei Choleracolonien Stichculturen in Eprouvetten an, so ist das Wachsthum sehr charakteristisch. Es gibt einen dem echten Cholerakeime ähnlichen Kommabacillus, nämlich den Finkler-Prior'schen, und dieser findet sich auch in Stühlen. Um ihn nun vom echten Kommabacillus zu unterscheiden,

[1]) Sie haben als Bewegungsorgan eine endständige Geissel, die sich mit Löffler's Beize färben lässt, wenn man $^1/_2$—1 Tropfen Schwefelsäure zu 16 *cm*³ Beize zusetzt (vergl. oben bei den Tinctionen).

Um saprophytische Bakterien fernzuhalten, kann man übrigens die Nährgelatine mit 0·1—0·2 chemisch reiner Carbolsäure versetzen, wobei dann viel weniger Colonien zu controliren sind. Im Uebrigen muss die Nährgelatine frisch und correct bereitet sein und muss daher alkalisch reagiren.

Züchtet man Cholerabacillen in Bouillon mit 1% Pepton nicht bei Zimmertemperatur, sondern im Thermostaten bei 37° C., so ergeben sich schon nach 24 Stunden dichte Culturen. Setzt man diesen vorsichtig 10% Salzsäure zu, so entsteht eine rosaviolette Verfärbung (Choleraroth-Indolreaction).

Man kann die Cultur abfiltriren und Schwefelsäure in das Filtrat an der Glaswand des Gefässes hinablaufen lassen und erhält auch diese Reaction. Finkler-Prior'sche Culturen müssen viele Tage, ja Wochen alt sein, um diese Reaction zu zeigen. Typhusculturen zeigen in alkalischer Bouilloncultur bei 37° C. nach 24 Stunden ebenfalls diese Indolreaction, aber erst nach Zusatz von 1 cm^3 Kaliumnitrat. Diese rasche Indolreaction ist also für Cholera charakteristisch.

Auf Kartoffeln, welche man, in Scheiben geschnitten, in Petri'sche Schälchen geben kann, bildet die Choleracultur bei 30—40° C. im Thermostaten grau-bräunliche Rasen von breiiger („gatschiger") Consistenz, welche zu zerfliessen scheinen.

Wir haben hier an einem Beispiel, welches sich ohne Thierversuch ausführen lässt, kurz die Reincultur zu diagnostischem Zwecke versinnlicht und dies dürfte in diesem Leitfaden genügen. Wir wollen noch erwähnen, dass verschiedene Forscher durch Züchten auf verschiedenen Nährböden beinahe ein Dutzend und mehr verschiedener Varietäten des Cholera-Vibrio beobachtet haben wollen.

Anaërobe Culturen.

Man wendet hier meist Luftpumpen oder Wasserstoffgas an, welches die Luft über den Culturen verdrängt, man kann aber die Luft auch mechanisch abschliessen. Koch bedeckte die geimpfte und halberstarrte Plattencultur mit einem ausgeglühten Glimmerplättchen und verkittete die Ränder mit Paraffin, was aber keinen sicheren Verschluss gibt. Hesse goss auf die geimpften Nährsubstrate sterilisirtes Oel auf, Esmarch presst in die Höhlung seiner oben beschriebenen Rollröhrchen flüssige sterilisirte Gelatine, welche er in kaltem Wasser rasch erstarren lässt.

Schill steckt zwei Eprouvetten von wenig verschiedener Grösse ineinander, gibt das Nährsubstrat zwischen beide, impft und verschliesst mit Gummikappe u. s. w.

---

fectionen mit Cholerabakterien an Thieren, insbesondere intraperitoneal an Meerschweinchen vornahmen, und dass es R. Pfeiffer gelang, so wie bei Typhus auch bei der Cholera durch künstliche Infection von Meerschweinchen, Kaninchen und Ziegen deren Serum zu einem sogenannten „Immunserum" umzugestalten. Wenn auch in diesem Leitfaden nicht der Ort ist, die „Immunsera" auch nur cursorisch zu behandeln, muss an dieser Stelle doch erwähnt werden, dass diese Immunsera die besten Reagentien auf die betreffende Bakterienart bilden. Bringt man nämlich von der zu untersuchenden Cultur ein winziges Tröpfchen im hängenden Tropfen unter das Mikroskop und setzt das betreffende Immunserum zu, so erfolgt sogleich eine Zusammenballung (Agglutination, Agglomeration) der Bakterien im hängenden Tropfen und bewegliche stellen die Bewegung ein. Auf diesen Grundsätzen beruht auch die sogenannte Vidal'sche Reaction auf Typhus, die man auch im Reagensglase vornehmen kann u. a. m. Unter dem Mikroskope ist natürlich die Reaction auch noch an den winzigsten Mengen sicher zu beobachten.

Die Anfertigung mikroskopischer Dauerpräparate.

Wir haben oben S. 178 u. ff. dieses Leitfadens die Herstellung mikroskopischer Präparate besprochen. Nicht alle diese Präparate wird der Praktiker, nachdem er aus ihnen die gewünschte Belehrung geschöpft, aufbewahren, sondern nach entsprechender Verwerthung des Gesehenen das Object von dem Objectträger oder Deckglase abwaschen und Objectträger und Deckglas nach sorgfältiger Reinigung anderweitig verwenden. Viele Präparate aber wird der Praktiker nicht nur aus Freude, dass sie besonders gelungen sind, sondern vielleicht auch als Beweismittel und Muster für die Zukunft aufbewahren wollen. Präparate, die derart hergestellt sind, dass sie sich dauernd aufbewahren lassen, nennt man Dauerpräparate. Wir haben oben zahlreiche Präparate kennen gelernt, die sich dauernd aufbewahren lassen. Alle die zahlreichen Bakterien-Deckglas-Trockenpräparate, die auf S. 266 u. ff. dieses Buches besprochen wurden, sind haltbar, sobald man sie schliesslich, wie an citirter Stelle beschrieben wurde, in Canadabalsam einlegt und — um das Verblassen der angewendeten Anilinfarben zu vermeiden — im Dunkeln aufbewahrt. Auch das in Fig. 178 auf S. 239 dieses Leitfadens abgebildete Canadabalsampräparat ist haltbar, ebenso Schnittpräparate, die, wie schon S. 240 angegeben wurde, in Canadabalsam oder Damarlack eingeschlossen wurden, wenn man ihnen Ruhe liess, bis der Canadabalsam, respective Damarlack wenigstens am Rande des Deckglases erhärtete, was (ohne Anwendung von Wärme) in frühestens drei Wochen in verlässlicher Weise der Fall ist. Im Trockenschranke geht es schneller, ja man kann, wenn die gelbliche Farbe nicht stört, den Canadabalsam durch vorsichtiges Erhitzen eindicken, bis er fast fest ist, und dann mit erhitztem Glasstabe einen Tropfen auf das auf dem Objectträger befindliche Object bringen und das Deckglas auflegen, worauf die Erhärtung in einigen Stunden vollendet ist. Derlei Kunststücke sind aber, da bei ihnen zartere Objecte sehr leiden, im Allgemeinen nicht zu empfehlen, denn gerade Dauerpräparate sollen tadellos in jeder Hinsicht sein, da sich ja sonst ihre Aufbewahrung nicht lohnt. Präparate, die ohne Umrahmung in nicht erhärtende Fluids, somit ohne Luftabschluss eingelegt sind — also z. B. Gewebsschnitte mit oder ohne Deckglas in Glycerin liegend — sind begreiflicherweise nicht haltbar, einmal verderben sie ohne besondere Behandlung durch Verstauben oder Verschimmeln, ein andermal sogar durch Fäulniss. Wie ich durch Versuche festgestellt habe, faulen z. B. Fischmuskeln im Hochsommer selbst in dem zur Aufbewahrungsflüssigkeit eigens hergerichteten Glyceringemisch (reines Glycerin wirkt für manche zarte Objecte zu stark aufhellend und vermindert dann die Sichtbarkeit feiner Contouren), bestehend aus 40 *ccm* Glycerin, 25 *ccm* absoluten Alkohols, 100 Wasser, wenn sie nicht von der Luft abgeschlossen sind. Von der Art dieses Abschlusses soll bald die Rede sein. Vorläufig wollen wir hervorheben, dass bei der Anfertigung von Dauerpräparaten im Allgemeinen schon viel sorgfältiger vorgegangen werden muss als bei blos für vorübergehende Betrachtung bestimmten Präparaten. Bei jedem Präparate sollen z. B. Luftblasen vermieden werden, aber bei einem zu vorübergehender Betrachtung bestimmten Präparate ist eine Luftblase noch eher mit Gleichmuth hinzunehmen, eine Luftblase in einem Dauerpräparate ist dagegen sehr störend, da sie, besonders wenn sie in der Mitte liegt, wo selbst Canadabalsam erst nach Jahren erhärtet, abgesehen von der optischen Störung (vergl. S. 146 u. ff.), durch ihre Tendenz, sich in der Wärme auszudehnen, die Flüssigkeit, in der das Object liegt, gegen den Rand des Deckglases zu treibt und hiedurch mitunter zur Eröffnung des bald zu besprechenden Verschlussrahmens Anlass gibt. Um den Leser über die Dauerpräparatherstellung zu orientiren, wollen wir zu-

[illegible]

[illegible] für das Mikroskop präpariren. Entsprechend [illegible] S. 197, 215 und 216 erwähnte Gefriermeth[illegible] geeignetes Dauerpräparate von solchen Neubildungen [illegible] zum Ziel. Die [illegible] von Schmutz, Blut etc. durch Auswaschen [illegible] Wasser befreite Neubildung wird mittelst eines Tropfens destill[illegible] unter Zwischenlage eines dicken Stückes Filtrirpapier (Fliesscart[illegible]) auf einem Korke [illegible] falls die Methode, die auf S. 197 beschrieben [illegible] messer als Schneidewerkzeug, angewendet wird -- zum Anfrie[illegible] oder auf ebensolche Weise (mit Papierzwischenlage) auf dem [illegible] des Mikrotoms (Fig. 155, 156).

Die Papierzwischenlage ist nöthig, da sonst das Eis, in das [illegible] tropfen durch das Gefrieren verwandelt wird, beim Schneiden [illegible] schneidenden Objecte von seiner Unterlage durch das Messe[illegible] werden würde. Das Messer darf beim Schneiden mit dem Gefr[illegible] weder mit Wasser noch mit Alkohol befeuchtet werden. Leide[illegible] frischen Präparate, wenn es gefriert, sehr leicht die unf[illegible] und feinere histopathologische Untersuchungen werden daher du[illegible] Gefrierenlassen des frischen Objectes nicht gemacht werden k[illegible]

Man hat daher auch bei den Gefriermethoden eine besser[illegible] der ursprünglichen Lage der Gewebsbestandtheile und der For[illegible] durch Fixirung mit Formol zu erreichen gesucht, um die [illegible] Raschheit und Einfachheit der Gefriermethode mit der schonen[illegible] behandlung anderer Methoden zu vereinigen. Wie wichtig eine ra[illegible] zur Herstellung von Dauerpräparaten unter Umständen in der P[illegible] kann, zeigte die Kehlkopferkrankung des deutschen Kaisers [illegible] Prof. Orth soll in wenigen Stunden von dem exstirpirten Keh[illegible] nach einem noch nicht veröffentlichten Verfahren eine lückenlos[illegible] hergestellt und zu einer grossen Anzahl von Dauerpräparaten [illegible] haben, die dann die Controle durch andere namhafte Histopath[illegible] die behauptete gutartige Natur der durch Operation beim deu[illegible] entfernten Neubildung ermöglichten. Aehnliche rasch zum Zi[illegible] Methoden waren schon bekannt und in der ärztlichen Praxis üb[illegible] Büchlein „Mikroskopische Technik der ärztlichen Spr[illegible] von Dr. Paul Meissner in Berlin (Leipzig, Verlag von Georg T[illegible]) finden sich derartige Methoden angegeben. Oft genügen zur Di[illegible] Schnitte an [illegible] Dauerpräparate in Canadabalsam eingelegt ver[illegible] können und dann kann man mit einem [illegible] von einer [illegible] ein [illegible] Dauerpräparat herstellen. Eine solche Metho[illegible] dem Buche [illegible] von Dr. R. [illegible] (Verlag von [illegible] Methode [illegible]

[illegible] Schnitt auf [illegible] minute [illegible] besteht [illegible] [illegible] dann [illegible] [illegible]

und mit 1 *ccm* Formol versetzt), wodurch man sehr rasch ein Dauerpräparat, z. B. von einer Neubildung, herstellen kann.

Nimmt man zum Einlegen Canadabalsam, wie man ihn entweder in Terpentinöl, in Chloroform oder in Xylol käuflich in jeder Handlung mikroskopischer Reagentien erhält, so muss der Schnitt zuerst entwässert werden, denn Wasser und Canadabalsam geben eine trübe Emulsion. Der Schnitt kommt zur Entwässerung am besten in absoluten Alkohol, doch genügt ein Einsenken in ein wenigstens ein Viertelliter fassendes Glas mit starkem, 80—90%igem Weingeist auf eine halbe Minute. Da aber auch Alkohol sich mit Canadabalsam nicht ohne Trübung mischt, so muss der Schnitt noch auf circa 15—20 Secunden in Carbolxylol kommen. Carbolxylol, ebenfalls in Handlungen mikroskopischer Reagentien erhältlich, mischt sich nämlich in klarer Lösung sowohl mit dem Alkohol als auch mit dem Canadabalsam. Es dient gleichzeitig als Aufhellungsmittel.

Aehnlich wirken Xylol, Nelkenöl, Origanumöl und andere ätherische Oele. Am raschesten soll aber Carbolxylol wirken und dabei die Farben des Präparates nicht angreifen. Man kann auch die Entwässerung umgehen, wenn man als Einschlussflüssigkeit Glycerin, respective eine Glycerinmischung oder sonst eine wässerige Substanz anwendet. Doch bedürfen solche mit nicht erhärtenden Einschlussmedien verfertigte Präparate einer besonderen Einrichtung, die erstens den Flüssigkeitstropfen um das Präparat herum festhält und zweitens das Verdunsten, Verstauben und Verderben durch hermetischen Abschluss von der Aussenluft verhindert.

Dieser Abschluss wird dadurch erreicht, dass man das Object oder etwa die die Objecte suspendirt enthaltende Flüssigkeit in ein Gefäss einlegt, welches auf dem Objectträger selbst hergestellt wird, indem man einen Ring (aus Paraffin, Ceresin oder Harzgemischen, am häufigsten aus einem geeigneten Lack [„Lackzelle"] verfertigt) auf der oberen Glasfläche des Objectträgers anbringt, welcher also die erwähnte Glasfläche zum Boden hat und das Deckglas als Deckel erhält, worauf auch das Deckglas am Rande mit dem Ringe durch ein erhärtendes Medium, meistens demselben, aus dem der Ring besteht, dicht verbunden wird.

Bei sehr kostbaren Präparaten, z. B. Diatomeenprobeplatten mit Monobromnaphthalin als Einschlussflüssigkeit, wird wirklich ein flacher Ring aus Glas, welcher fabriksmässig durch Schleifen eines Loches in ein Deckglas hergestellt wird und in allen Handlungen mikroskopischer Utensilien als „Glaszelle", „Glasring", „gebohrte Deckgläser" etc. zu haben ist, mittelst Canadabalsam auf dem Objectträger befestigt, also eine Art feuchter Kammer geschaffen, in welche die Einschlussflüssigkeit, die das Object umgibt, kommt und welche mit Vermeidung von Luftblasen mit dem Deckglase bedeckt und durch Canadabalsam oder einen zähen Lack um den Deckglasrand herum abgedichtet wird. Der Praktiker wird selten in die Lage kommen, derlei mit Glaszellen ausgestattete Dauerpräparate herzustellen. In der Praxis handelt es sich meist darum, rasch und billig interessante und beweiskräftige Objecte zu conserviren.

Nehmen wir wieder unseren obigen Schnitt zum Ausgangspunkt. Nach entsprechender Färbung und guter Auswässerung kommt derselbe, wenn man ein Dauerpräparat im Glyceringemisch aus ihm herstellen will, in ein Blockschälchen, welches gleiche Theile Wasser und reines, säurefreies Glycerin,[1]) wie solches in den Handlungen mikroskopischer Reagentien erhältlich ist, enthält, damit er sich mit Glycerin durchzieht.

[1]) Bei Anilinfarben. Carmintinctionen halten sich besser, wenn man säurehältiges Glycerin anwendet, z. B. mit Salzsäure (500 : 1) versetztes.

Natürlich muss die Einschlussflüssigkeit nicht Glycerin sein, zahlreiche mehr weniger brauchbare und bewährte Einschlussmedien angegeben, von welchen die meisten Glycerin (Oelsüss) enthalten. Man kann im Falle der Anwendung eines anderen Mediums den Schnitt in diesem selbst von Flüssigkeit durchziehen lassen. Bei Schnitten, die sehr lufthältig sind, bewirkt dieses Einlegen oft eine genügende **Befreiung von Luft.** Sicherer ist es, das Gefäss, in welchem das zur Dauerpräparirung bestimmte Object liegt, damit es sich mit der Einschlussflüssigkeit gut imprägnirt, unter die Glocke einer kleinen **Handluftpumpe** oder einer **Wasser- oder Quecksilber-Luftpumpe** zu bringen und im Vacuum einige Minuten bis zu einer halben Stunde zu belassen.

Unterdessen nimmt man einen ganz reingeputzten Objectträger, sucht ein für die Grösse des Schnittes passendes Deckglas aus und legt den Objectträger auf ein weisses Papier und in die Mitte zwischen Objectträger und Papier das Deckglas (wir wollen hier zunächst annehmen, es sei ein viereckiges). Hierauf nimmt man ein sogenanntes „Allerseelenkerzchen“,[1]) das heisst ein Kerzchen mit einer im Verhältniss zum Dochte sehr dünnen Wachs- oder Ceresintränkung, wie man solche in Wachsziehergeschäften für wenig Geld erstehen kann, zündet ein Ende eines solchen Kerzchens an, bläst es wieder aus und benützt das noch warme Dochtende als Pinsel, mit dem man den Contouren des unter dem Objectträger liegenden Deckgläschens folgt, so dass ein Wachsrahmen entsteht.



Fig. 310.

Der Schnitt kommt in einem Tropfen des oben erwähnten Glycerin[gemisches] gemisches in die Wachszelle (den Wachsrahmen). Dann erwärmt man d[as] Deckglas ein wenig. und zwar rasch und vorsichtig über einer nicht russend[en] Flamme, fasst es mit einer gewöhnlichen Pincette (Fig. 310) an einer Kan[te], nähert die entgegengesetzte Kante, es schräg haltend, dem Objectträger, se[nkt] dann die Pincette mit der gehaltenen Kante des Deckglases langsam bis [zur] fast wagrechten Lage und legt es so auf den Ceresinrahmen auf. Meist ha[ftet] es auf leichten Druck hin fest. Jedenfalls darf der Tropfen der Einschl[uss-] flüssigkeit nur so klein bemessen sein, dass er nicht über den Rand [des] Ceresinrahmens hinausdringt, andernfalls muss der Ueberschuss mittelst [eines] bei glycerinhältigen Einschlussmedien in Spiritus getauchten Filtrirpa[pier-] bäuschchens weggewischt und mit trockenem Filterpapier gänzlich abg[etrocknet] werden. Sodann überstreicht man die Ränder des Deckgläschens no[chmals] mit dem Allerseelenkerzchen und hat in einigen Minuten einen ge[nügend] haltbaren Verschluss erzielt. Statt der Ceresinkerzchen kann ma[n] Paraffin — mit heisser Messerklinge aufgetragen — benützen oder [ein Gemisch] von Paraffin und dickem Canadabalsam u. dergl. Ich für meine Pe[rson habe für] ex tempore Dauerpräparate mit den Allerseelenkerzchen, die [als] Pinsel dienen, das Auslangen gefunden.

[1]) „Allerseelenkerzchen“ werden diese billigen Ceresinkerzchen deshalb [genannt, weil sie in] katholischen Ländern am Allerseelentage (2. November) auf den G[räbern], welche „für die armen Seelen“ angezündet zu werden pflegen, besond[ers von jenen,] denen die massiveren Lichter zu theuer sind. Auch für ganz kl[eine] [r]unde Kerzchen benützt.

Will man ein Uebriges thun, so kann man die Ceresin- oder Paraffinrahmen noch mit sehr dickem Eisenlack (Asphaltlack) überziehen. Ist der Lack dünnflüssig, so löst das Terpentinöl, welches der Asphaltlack enthält, die Fettstoffumrahmung auf.

Hat man es nicht eilig, so nimmt man von vorneherein Asphaltlack statt des Ceresins, Paraffins u. s. w. oder verwendet letztere festwerdenden Fettstoffe nur zum „Heften" des Deckglases. Die käuflichen oder auch in Instituten verfertigten Dauerpräparate, die für Sammlungen bestimmt sind, werden meist ganz ohne Zuhilfenahme von Fettstoffumrahmungen oder Fettstoffheftung verfertigt. Man taucht einen mittelstarken, gespitzten, im Hefte sehr sorgfältig gefassten Haarpinsel in den Asphaltlack, der, wenn zu dick, mittelst Terpentinöls (Wr.-Neustädter) auf die Consistenz des frischen Honigs gebracht werden muss, und verfährt beim Ziehen des viereckigen Lackrahmens mit dem Pinsel ganz so, wie vorhin bezüglich des Allerseelenkerzchens angegeben wurde, selbstverständlich darf man den Pinsel nicht anzünden.

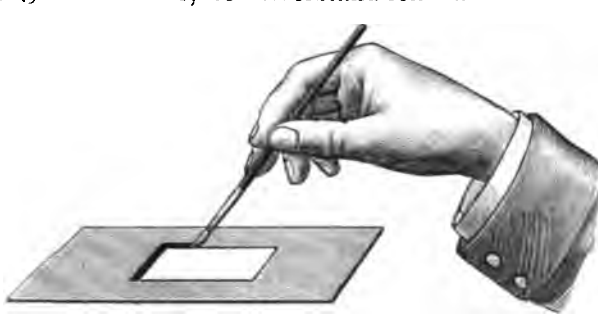


Fig. 311.

Fig. 311 veranschaulicht das Ziehen des viereckigen Asphaltlackrahmens. Man kann sich auch solche Lackzellen auf Objectträgern mit verschiedener Höhe des Lackwalles im Vorrathe (zu den benützten Deckglasgrössen und der Dicke der aufzubewahrenden Objecte passend) anfertigen. Ist der Lackrahmen zu nieder, so kann ein zweiter oder dritter Ueberzug mit Lack, den man vor Auftragen des folgenden trocknen lässt, die gewünschte Höhe erreichen lassen. Beim Gebrauche wärmt man die Lackzelle etwas an, indem man den Objectträger über einer nicht russenden Flamme oder dem Cylinder einer brennenden Lampe hin- und herzieht, damit sich der Lack etwas erweicht, bringt das Object in der geeigneten Einschlussflüssigkeit, die auch hier so bemessen sein soll, dass sie den Lackrahmen gerade erfüllt, auf den Objectträger, legt das durch die Flamme gezogene blanke Deckglas auf, drückt es leicht an und trachtet etwa doch vorhandene Luftblasen gegen den Rand zu treiben. Dies zu erlernen ist Sache der Uebung, die beste Beschreibung hilft hier so wenig, als etwa beim Erlernen des Schlittschuhlaufens.

Leichter und eleganter sind mit Fettstoff- oder Lackring versehene Dauerpräparate anzufertigen, wenn man sich runder Deckgläser, besonders solcher mittlerer Grösse, z. B. 18 *mm*, bedient. Die meisten käuflichen Präparate sind mit runden Deckgläsern versehen. Als Material zum Fettstoffring verwendet man auch hier sehr zweckmässig die schon oben erwähnten Allerseelenkerzchen. Dieselben gestatten, sie in geschilderter Weise als Pinsel zu benützen, nur wendet man zur raschen und tadellosen Herstellung der Fettstoff- oder Lackzelle bei runden Deckgläsern die Dreh-

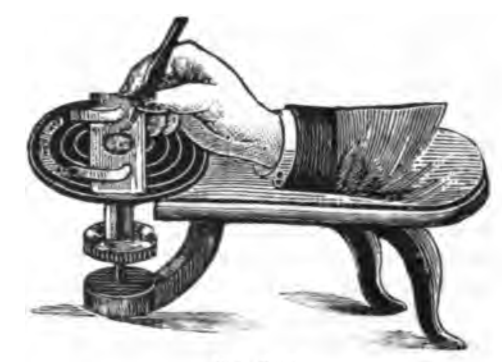


Fig. 312.

scheibe „Tournette“ an, einen kleinen Nebenapparat, den sich jeder Mikroskopiker anschaffen sollte. Fig. 312 zeigt die Tournette in der Ausführung von F. Ebeling, Wien, XVII. Hernalsergürtel Nr. 2. Im Wesentlichen besteht sie aus einer mit Klemmfeder versehenen metallenen Schwungscheibe auf einem dreifüssigen Gestelle, das oben neben der um eine verticale Axe leicht und sicher in horizontaler Ebene rotirenden Schwungscheibe ein Brett (Handauflage) trägt. Auf diese Handauflage stützt man die Hand, in welcher man fast senkrecht zur Rotationsebene das Kerzchen oder den mit passendem Lack gefüllten federkielstarken Pinsel hält. Der Objectträger wird unter der Klemmfeder durch Niederlassen derselben so befestigt, dass seine Mitte genau mit der Drehungsaxe der Schwungscheibe zusammenfällt. Man versetzt nun die Schwungscheibe mit der linken Hand in nicht allzu rasche Drehung (die Uebung lehrt bald die richtige Geschwindigkeit hervorzubringen) und hält das eben ausgelöschte Kerzchen oder den in Lack getauchten Pinsel so, wie Fig. 312 zeigt, an den blanken Objectträger an. Dadurch entsteht je nach Stärke des Druckes der Hand, Füllung des Pinsels und Umdrehungsgeschwindigkeit ein schmälerer oder breiterer, flacherer oder höherer Fettstoff-, respective Lackring. Diesen lässt man fest werden, bis er die passende Consistenz erreicht hat, was beim Fettstoffe gleich, beim Lack je nach der Lacksorte in 5—10 Minuten bis zu mehreren Stunden der Fall ist. Der zu solchen runden Lackzellen viel verwendete, in Geschäften mikroskopischer Utensilien käufliche bläulich-schwarze spirituslösliche Maskenlack, der etwas dünner sein soll als frischer Honig bei Zimmertemperatur und den man oft erst entsprechend verdünnen muss, trocknet sehr rasch; der terpentinlösliche, sehr viel gebrauchte braunschwarze Asphaltlack braucht Stunden, ja in kalten Räumen sogar manchmal einen ganzen Tag, bis er die passende Consistenz, etwa die von gewöhnlichem festen Paraffin, erreicht hat. Zur Herstellung des Präparates nimmt man nun mit dem in Fig. 137 oben S. 195 abgebildeten Schnittfänger oder Spatel den vorher in Glycerin etc. aufbewahrten Schnitt und legt ihn in einem Tropfen der Einschlussflüssigkeit in die Höhlung des Lackringes. Dann bringt man ihn mit den Präparirnadeln in die richtige gewünschte Lage, legt mit der Pincette das passende, also etwa um 1 *mm* gegenüber dem Ringe kleinere runde Deckglas auf, drückt es an den Ring an, erwärmt leicht über einer Lampe, bis das Deckglas am Ring haftet, saugt die überschüssige Einschlussflüssigkeit mit einem Bäuschchen aus Filtrirpapier, eventuell unter Zuhilfenahme eines mit Spiritus getränkten Pinsels ab und bringt nun das Präparat wieder unter die Klemmfedern der Tournette, woselbst es mit Hilfe der auf der Scheibe eingravirten Ringe concentrisch gestellt wird, worauf man mit dem heissen Fettstoff oder dem Lack einen zweiten Ring über dem ersten anbringt. Ist dieser Ring trocken, so ist das Präparat fertig, nur soll man es noch einigemal überziehen, um den Ringverschluss haltbarer zu machen.

Meist geht es nicht so glatt ab wie hier, denn das Bild entstellende Luftblasen werden sich, wie erwähnt, auch hier oft vorfinden. Diese zu vermeiden, bringt man den Schnitt vor Einlegen in die Einschlussflüssigkeit in dieser, wie schon erwähnt, unter den Recipienten einer Luftpumpe und pumpt die Luft aus, bis keine Blasen mehr entweichen. Kochen in Spiritus, welches ebenfalls zum Entfernen der Luft empfohlen wurde, vertragen nicht alle Gewebe, eine kleine Handluftpumpe (Preis 24—36 *K*) ist das beste Mittel, um aus Präparaten die lästigen Luftblasen zu entfernen, falls selbe Kochen oder starkes Pressen nicht vertragen.

Auch entwässerte Objecte können unter runden Deckgläsern dauernd aufbewahrt werden, nur wendet man als Einschlussmittel, wie erwähnt, meist Canadabalsam oder ein anderes harziges, erstarrendes Einschlussmittel, wie solche

weiter unten beschrieben werden, an und kann die Luftblasen leichter durch Herausdrücken entfernen. Man habe z. B. einen Schnitt aus einer pathologisch interessanten Leber zu conserviren. Nachdem er gefärbt ist, kommt er in Alkohol, dann in absoluten Alkohol, von da in Carbolxylol, in Nelkenöl oder dergl. und von da in Canadabalsam oder ein sonstiges harziges Einschlussmittel, welches stark mit Terpentingeist, Xylol, Chloroform etc. verdünnt ist. Dann, bis keine Luftblasen mehr aufsteigen, bringt man ihn in einem Tropfen syrupdicken Canadabalsams auf den Objectträger, legt ein passendes rundes Deckglas auf und gibt das Ganze in die Presse. Diese Presse zeigt Fig. 313 in der Form, wie Siebert sie für sechs Präparate liefert. In einer Art Eprouvettengestell stehen Bleicylinder oder Messingrohre, die mit Schrot gefüllt sind, unter deren untere Spitzen man die Präparate mit dem Deckglas nach oben legt, bis sie trocknen. Sehr praktisch sind zu diesem Zwecke auch die sogenannten „Clips", federnde Metalldrähte, welche bei Siebert zu haben sind und mittelst welcher das Präparat an richtiger Stelle zwischen Deckglas und Objectträger angepresst wird. Fig. 314 zeigt einen solchen Siebert'schen Clips.

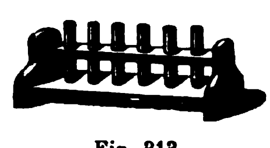


Fig. 313.

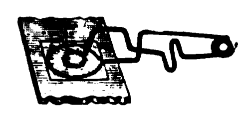


Fig. 314.

Nach dem Trocknen unter der Presse oder unter dem Clips pflegt man bei Präparaten, bei denen die Uebertragung von absolutem Alkohol in Nelkenöl, dann in verdünnten Canadabalsam und dann in den gewöhnlichen Canadabalsam von Syrupconsistenz erfolgte, selten Luftblasen zu finden. Das Trocknen dauert meist wochenlang. Dann putzt man die Ränder der Deckgläser mit einem Messer unter stetem Abspülen mit Terpentingeist ab und erhält so Präparate, bei denen das Object wie in Krystall eingeschlossen liegt. Will man das Trocknen beschleunigen, so muss man mehr Canadabalsam nehmen und den Objectträger erwärmen, bis der Canadabalsam dampft, ja nicht bis er kocht!

Auf ähnliche Art kann man auch Schmetterlingsschuppen, Mineralschliffe u. dergl. in Canadabalsam einschliessen, Schuppen, Pollenkörner, Federn u. dergl. kann man allerdings auch ganz ohne Flüssigkeit auf das leicht angehauchte Deckglas bringen, so dass sie haften, und dasselbe ohne jede Flüssigkeit auf den Ring von Fettstoff oder Lack umstürzen und überlackiren. Solche Präparate nennt man Trockenpräparate, nicht zu verwechseln mit den Deckglas-Trockenpräparaten der Bakteriologie, welche nicht trocken, sondern in Canadabalsam, Cedernöl u. dergl. betrachtet und conservirt werden.

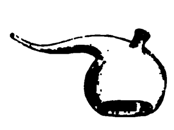
Uebrigens besitzt jeder Zweig der Histologie, Pathologie, Zoologie, Botanik, Mineralogie u. s. w. seine eigene Technik so wie in der Herstellung von Präparaten überhaupt, so auch in der Herstellung von Dauerpräparaten. Besonders reich ist der Wechsel an Einschlussmitteln, von denen eine kleine Uebersicht weiter unten gegeben werden wird. Viele Pathologen ziehen dem Canadabalsam den Damarlack vor, obgleich er viele Monate braucht, um auch nur am Rande hart zu werden, weil er die zarten Contouren deutlicher erscheinen lässt als Canadabalsam. Die Nervenpathologen nehmen als Einschlussmittel Colophonium in Benzol gelöst. Entomologische Dauerpräparate (von Insecten) stellt man her, indem man chitinreiche Objecte in 10%iger Kalilauge gut macerirt, dann in neuer Lauge kocht, hierauf in destillirtem Wasser abspült, durch Alcohol absol. und Nelkenöl in Terpentin bringt, auf dem Objectträger etwa unter dem Lupenschemel (Fig. 86) mit Hilfe von Nadeln, Lancette und Pincette, eventuell feinen Scheerchen herrichtet, dann

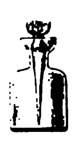
einen Tropfen Canadabalsam daraufbringt und in der Presse oder Clips mit dem Deckglase versieht. Chitinarme Objecte (z. B. Eingeweide einer Fliege u. dergl.) werden nach Anheften der Fliege mittelst Nadeln in einer Schüssel, deren Boden mit schwarzem Wachs (Gemenge gleicher Gewichtstheile Kienruss und Wachs) ausgegossen ist, unter Wasser herausgenommen, dann in stets concentrirterem Acid. acet. glac. von 1%, 5%, 10%, 20%, 50% (fünf Lösungen) nach und nach aufgehellt und in Glycerin (mit Lackring) verwahrt. Dies sind nur Beispiele. Näheres kann man in Fachwerken über die einschlägigen Objecte nachlesen. Ein treffliches, allerdings älteres, jedoch ziemlich allgemein gehaltenes Hilfsbuch ist Otto Bachmann, Leitfaden zur Anfertigung mikroskopischer Dauerpräparate, München, R. Oldenburg, 1879.

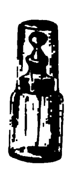
Uebrigens hat seither die mikroskopische Technik grosse Fortschritte gebracht. Glycerin und Canadabalsam genügen nicht mehr.

Da Gegenstände mit zarten Contouren in stark lichtbrechenden Medien verschwinden, andererseits aber andere Objecte ihren inneren Bau erst in stark lichtbrechenden Beobachtungsflüssigkeiten (vergl. S. 125) enthüllen, so hat man seit jeher die verschiedensten Chemikalien als Beobachtungs- und Conservirungsflüssigkeiten empfohlen.

Bevor wir die wichtigsten derselben durchgehen, wiederholen wir, dass man Glycerin früher in Undinen, Fig. 315, aufbewahrte, aus denen man die Tropfen nach Bedarf ausfliessen liess (Harting). Heutzutage bewahrt man die Beobachtungsflüssigkeiten in Stiftfläschchen mit und ohne Kappen auf, wie solche bei Siebert in allen Grössen zu haben sind. Canadabalsam hat man auch in Tuben aus Zinn verwendet. Fig. 316 zeigt ein Stiftfläschchen für Glycerin,


Fig. 315.


Fig. 316.


Fig. 317.

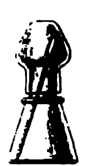

Fig. 318.

Fig. 317 für dünnflüssigere Beobachtungsflüssigkeiten, Fig. 318 ein solches für Canadabalsam. Fig. 317 und 318 haben Kappen, um die Verdunstung und das Verstauben hintanzuhalten, Fig. 316 einen trichterartigen Hals, um das Zurückfliessen des am Stifte haftenden überschüssigen Glycerins zu befördern (vergl. oben S. 188).

Das Glycerin wird, wie schon erwähnt, rein oder gemischt mit Wasser und Alkohol verwendet. Auch Zusätze von anderen conservirenden Substanzen kommen vor. Eine solche ist Sublimat.

In Sublimatwasser 1 : 200 oder 1 : 300 erhalten sich sogar menschliche Blutkörperchen in ihrer scheibenförmigen Form (sogenannte Harting'sche Blutflüssigkeit). Heikle thierische Objecte gibt man daher in Glycerin 80 *ccm*, Aq. dest. 80 *ccm*, Sublim. 1·00 *g*.

Ohne Glycerin zubereitet ist die früher viel verwendete Goadby'sche Flüssigkeit, bestehend aus Kochsalz 120 *g*, Alaun 60 *g*, Sublimat 0·25, kochendes Wasser 2·33 *kg*. Viele Präparate dunkeln in ihr sehr nach. Zarte pflanzliche Objecte vertragen sehr gut Glycerin 40 *ccm*, Alcohol absol. 25 *ccm*, Aq. dest. 100 *ccm*, Chlorcalcium 20 *g*. — Sehr undurchsichtige Objecte werden mit der Zeit klar in:

Glycerin	80 *ccm*
Absol. Alkohol	40 *ccm*
Aq. dest.	50 *ccm*
Carbolsäure	3 *g*

Anstatt dieser Flüssigkeit nimmt man auch Kampher und Chloralhydrat zu gleichen Theilen, welche zwei Körper, zusammen verrieben, ein dickes Fluidum von 1·50 (Glycerin hat 1·460) Brechungsindex ergeben, in welchem sehr undurchsichtige Pflanzenpulver u. dergl. sehr klar erscheinen.

Auch Glycerin mit Kampherzusatz wird vielfach verwendet. Gleiche Theile Glycerin und Kampherspiritus leisten gute Dienste, wo es sich z. B. um Conservirung von zarten Insecteneingeweiden handelt. Aehnlich wirkt Fr. Meyer's Salicyl-Holzessig, und zwar 1 Theil Acid. salicyl. und 100 Theile Acid. acetic. pyrolignosum. Für Nematoden z. B. nimmt man 1 Theil der obigen Lösung mit 10 Theilen Glycerin (Volumtheile sind gemeint), welches mit 2 Volumtheilen Wasser verdünnt ist.

Concentrirte Lösung von Kaliumacetat conservirt sehr schön das Chlorophyll, ähnlich wirkt eine concentrirte Lösung von Chlorcalcium.

Monobromnaphthalin hat den Brechungsindex von 1·658, Kaliumquecksilberjodid (sehr giftig!), aus Quecksilberjodid 65 *g*, Kaliumjodid 50 *g*, Wasser 65 *ccm* bereitet, gar einen solchen von 1·682. Beide werden für Einlagen von Diatomeen als Probeobjecte (Frustulia saxonica, Amphipleura pellucida u. dergl.), deren Kieselpanzer einen Brechungsindex von 1·430 besitzt, verwendet, um Testobjecte für die stärksten Objectivsysteme (Apochromaten und Semiapochromaten mit homogener Immersion) herzustellen.

Zum selben Zwecke dient ein ebenfalls stark lichtbrechendes, unter der Bezeichnung „Styrax" in die Mikroskopie durch Marsson eingeführtes Medium. Es wird erhalten, wenn man den grauen Handelsstyrax (Harz von Liquidambar styraciflua) in Chloroform löst und acht Tage unter häufigem Umschütteln stehen lässt. Es scheidet sich die Lösung in zwei Schichten. Die untere braune Schicht enthält die Harzlösung. Man giesst die obere Schicht ab und filtrirt sie über feiner, mit Chloroform getränkter Leinwand, lässt soviel Chloroform von dem Filtrat verdunsten, bis es Syrupconsistenz hat, giesst es sodann in eine grosse Flasche und setzt nach und nach im Ueberschusse reinsten Petroläther zu, worauf eine milchige Trübung eintritt und nach und nach das nunmehr gereinigte Styraxharz sich zu Boden setzt. Man giesst nun nach Absetzenlassen den Petroläther ab, sammelt den Niederschlag, wäscht ihn nochmals mit Petroläther aus und schmilzt ihn im Wasserbade, bis eine braune, klare, fadenziehende Masse entsteht. Diese kann man mit einem gleichen Theile Monobromnaphthalin versetzen und am Wasserbade erwärmen, wodurch man den klaren Monobrom-Styraxbalsam erhält, der ein canadabalsamartiges Einschlussmittel vom hohen Brechungsexponenten 1·630 darstellt.

Aehnlich wirkt Jodmethyl,[1]) nur noch stärker, da es einen Brechungsindex von 1·74 hat (vergl. S. 125 oben), am stärksten in der Wärme, bis es Blasen wirft, in Bromarsenik (sehr giftig!) gelöstes Realgar. Es hat 2·4 Brechungsindex! Amphipleura pellucida wird darin schon von guten Trockenapochromaten (bei sehr schiefem Lichte) gelöst! Leider trübt sich diese gelbe Einschlussmasse sehr bald. Von H. L. Smith in seinem Buche „Mounting media of high refractive index", Americ. Monthly Microsc. Journ. vol. VI, 1885, Nr. 9, S. 161, wurde sie besonders empfohlen. Ueber die erwähnte Auflösung von Amphipleura pellucida in Realgar liegend durch Trockensysteme schrieb A. A. Merlin, Mitglied der königl. mikrosk. Gesellschaft in London, im Journal of the Quekett Microscopical Club auf S. 1, Ser. 2, Vol. 8, Nr. 48 eine interessante Abhandlung. Auch mir gelang die Auflösung an einem von E. Thun in Leipzig bezogenen Realgarpräparate mittelst eines Zeiss'schen Trockenapochromaten 3 *mm* mit Correction Compens. Oc. 12 und grossem Condensor von C. Reichert in Wien, den ich durch Cedernöl mit dem Objectträger optisch verband.

---

[1]) CH_2J_2, auch Methylenjodid genannt.

Als erstarrende Conservirungsmittel dienen Glycerin-Gelatine und Glycerin-Gummi. Erstere besteht aus Aq. destill. 42 *ccm*, Glycerin 38 *ccm*, Gelatine 7 *g*, Carbolsäure 1 *g*[1]) und wird am besten so verwendet, dass man kleine Reagensgläser mit derselben füllt, im Gebrauchsfalle ein solches erwärmt, bis der Inhalt flüssig wird, und dann einen Tropfen auf den Objectträger gibt, in welchen dann aus Wasser oder Glycerin das von Luft befreite Object und darauf ein Deckglas kommt. Ein Clips empfiehlt sich auch hier als Pressmittel. Die Erstarrung tritt sehr bald ein. Der Ueberschuss wird mit Wasser und Messer entfernt und dann erst ein Lackring angebracht.

Setzt man der Glycerin-Gelatine auf 50 *g* 40 *g* Zinnchlorid (in concentrirter Lösung) zu, so erhält man ein Medium von hohem Brechungsindex (1·7).

Glycerin-Gummi (ein 60 *ccm*-Glas füllt man zu $^2/_3$ mit Gummi arab. electiss., bedeckt mit Wasser, welches 10% Glycerin und 3% Chloralhydrat enthält, und schüttelt öfter um; nach einigen Tagen filtrirt man) wird wie Glycerin angewendet, nur dass es im Lackring erstarrt. Anilinfarben halten sich darin nicht.

Farrant's Gemisch enthält Glycerin, arab. Gummi und eine wässerige Lösung von arseniger Säure zu gleichen Theilen.

Canadabalsam (Tereb. canad.) ist Harz von Pinus balsam., Pinus canadensis oder Abies Traversi entweder in Terpentingeist, in Chloroform oder in Xylol gelöst, bis es Honigdicke annimmt. Xylolbalsam trocknet fast am raschesten. Auch Benzolbalsam wird sehr gerühmt. Mischungen von Monobromnaphthalin und Canadabalsam sind ebenfalls sehr oft von Diatomeenforschern benützte Einschlussmittel.

Damarlack muss sehr alt und abgestanden sein, um halbwegs fest zu werden, und obwohl er für anatomische Präparate sehr im Schwange ist, kann ich ihn zu Dauerpräparaten nicht empfehlen, da sie eben immer verschiebbar bleiben. Nur für sehr zarte pflanzliche Objecte, welche mit Anilinfarben tingirt wurden, z. B. sogenannte Kerntheilungsfiguren aus der Morphologie und Histologie der Pflanzen, soll nach W. Behrens der Damarlack dem Canadabalsam vorzuziehen sein.

Man kann sich ihn selbst darstellen, indem man Damarharz zerstösst und das Pulver 24—30 Stunden bei einer Temperatur von 35—40° C. im Trockenschranke in der zehnfachen Gewichtsmenge Terpentingeist (Ol. Terebinth. rectific.) auflöst, filtrirt und den Ueberschuss an Terpentin durch längeres Stehen des offenen Gefässes unter einer Glasglocke verdunsten lässt, bis die Lösung wenigstens honigdick ist.

Colophonium (Geigenharz, beste, glashelle, schwachgelbliche Sorte) ist in Alkohol, Benzol, Petroleumbenzin, Terpentinöl und Xylol löslich und wurden diese Lösungen besonders zum Einschlusse pathologischer Nervendauerpräparate benützt. Prof. Nissl in Heidelberg löst in einem circa 50 *g* fassenden Opodeldocglase das Colophonium in gepulverter Form in der Weise auf, dass er das Gläschen zur Hälfte mit dem Pulver, zur anderen Hälfte mit Xylol füllt, die sich bildende oberflächliche klare Schicht vom Bodensatze abgiesst und bis zur gewünschten Consistenz das Lösungsmittel abdunsten lässt. Bei Anwendung wird der Objectträger erwärmt. Dieses harzige Einschlussmittel lässt die Umrisse der Objecte sehr klar hervortreten. Wie gesagt, es benützen die Forscher sowohl als die Praktiker auf den verschiedenen Gebieten verschiedene Einschlussmittel. Auf alle bekannten hier

[1]) Man weicht 7 *g* Gelatine zwei Stunden lang in 42 *g* Wasser ein, setzt circa 50 *g* Glycerin und 1 *g* Acid. carbol. albissimum cryst. zu, erwärmt unter fleissigem Umrühren eine Viertelstunde und filtrirt im sogenannten Heisswassertrichter (ein in Handlungen chemischer Geräthschaften erhältlicher doppelwandiger Filtrirtrichter, bei welchem in den Zwischenraum zwischen den Wänden kochendes Wasser gefüllt wird) über Glaswolle.

einzugehen, fehlt der Raum. Der Praktiker wird mit Canadabalsam und den Glyceringemischen meist sein Auslangen finden.

Wir wollen hier zum Schlusse noch eine Uebersicht der Verschlussmittel, Kitte und Lacke geben.

Asphaltlack, eine Lösung von Asphalt in Leinöl und Terpentin, auch in ordinärer Sorte als „Eisenlack“ in jedem grösseren Gemischtwaarengeschäfte erhältlich; man wähle aber die beste Sorte, sogenannten Email-Eisenlack, welche braunschwarze Farbe hat.

Bernsteinlack, ein aus Bernsteinabfällen hergestellter, im Handel in jeder Farbwaarenhandlung erhältlicher dunkelgelber Lack, welcher den Vorzug hat, dass er sich in völlig getrocknetem Zustande in den zur Immersion gebrauchten Oelen (z. B. Cedernöl) nicht löst.

Frankfurter Lack, eine weisse emailartige Masse, die mittelst heissen Drahtes zum Verschlusse viereckiger Deckgläser dient und jetzt wohl selten angewendet wird. Die Zusammensetzung ist mir nicht bekannt. (Mitunter in Handlungen mikroskopischer Utensilien käuflich.)

Gold-Size, in England sehr gebräuchlicher Verschlusskitt aus gekochtem Leinöl, Minium und Umber, ist von Dr. Grübler in Leipzig zu beziehen und eignet sich auch für die Tournette. Er gibt einen sehr haltbaren, auch in Immersionsölen unlöslichen Verschluss.

Krönig's Kitt, 2 Theile Wachs und 7 Theile Colophonium, wird mit heissem Drahte aufgetragen. Ist für die Tournette nicht geeignet.

Maskenlack, ein sehr guter Spirituslack von blauschwarzer Farbe, für die Tournette benützbar. (Dr. Grübler.)

Paraffin-Canadabalsam nach Apathy wird durch Zusammenschmelzen gleicher Gewichtstheile käuflichen Canadabalsams und Paraffins hergestellt, wobei man so lange erwärmt, bis kein Geruch nach Terpentin mehr auftritt und die Masse eine goldgelbe Farbe angenommen hat. Wird mittelst in Holzgriff gefassten erwärmten Messingdrahtes zur Verkittung viereckiger Deckgläser verwendet.

Schellackfirniss (gewöhnliche weisse „Politur“, wie sie in allen Materialwaarenhandlungen zu haben ist — im Wasserbade bis zu Honigdicke eingeengt) gibt mit der Tournette vorzügliche Verschlüsse. Man kann den farblosen Firniss mittelst Anilinfarben beliebig, z. B. blau (mit Anilinblau) färben. Die Farbe blasst aber bald aus.

Witt's Cement, ein bernsteinlackartiger, sehr dünnflüssiger Verschlusskitt, der sich zum Verschliessen mittelst Tournette sehr gut eignet und sich in Immersionsölen nicht löst. Er ist derzeit der haltbarste Verschluss, doch ziemlich theuer; so kosten 100 *g* bei Rohrbeck's Nachfolger, Wien, I. Kärntnerstrasse 59, 2 *K*. Die Zusammensetzung ist mir nicht bekannt.

Ausser diesen gebräuchlicheren Verschlussmitteln kann man im Nothfalle auch jeden beliebigen Lack von Honigconsistenz benützen. Versuche, die ich mit manchen unter dem Namen „Emailfarben“ im Handel erhältlichen verschiedenfarbigen Spirituslacken machte, fielen gar nicht übel aus. Schliesslich will ich noch erwähnen, dass man auch mittelst Gelatine eine gute Umrahmung herstellen kann, wenn man käufliche Gelatine in Wasser quellen lässt, dann in Wasser einkocht, bis sie Syrupdicke hat, und mittelst Pinsels und Tournette wie mit Lack, so mit der Leimlösung verfährt. Natürlich dürfen die Präparate keine Flüssigkeit enthalten, durch welche die Gelatine gelöst wird. Der Gelatineverschluss eignet sich besonders zur Umrahmung von Canadabalsam-, Damarlack- und Colophoniumpräparaten, um ihnen ein gleichmässiges Aussehen zu geben, obgleich diese Präparate, wenn erhärtet, keines Verschlusses bedürfen. Zellen aus Gelatine eignen sich sehr gut für Harzeinschlüsse, die schwer erhärten, z. B. Damarlack. Auch für Glycerin

Wir wissen, dass nach der noch immer geltenden Undulationshypothese der gewöhnliche Lichtstrahl aus schwingenden Aethertheilchen bestehend gedacht werden muss, deren Schwingungen zwar in zur Richtung des Strahles senkrechten Ebenen liegen, innerhalb dieser aber jede Richtung annehmen können. Fällt nun ein solcher Lichtstrahl z. B. auf eine Glasplatte, so wird er zum Theile reflectirt, zum Theile gebrochen, das heisst von seinem Wege abgelenkt. Geschieht dies, so ist, was wir hier besonders zu beachten haben, mit den Schwingungsrichtungen beider Strahlen eine Veränderung vor sich gegangen, indem die Aethertheilchen des reflectirten Strahles senkrecht auf die, die des gebrochenen Strahles dagegen parallel zu der Einfallsebene ebendesselben Strahles schwingen.

Man hat also durch Reflexion an und Brechung in der Glasplatte das Licht polarisirt, eine Bezeichnung, die, obgleich nicht recht passend, sich schon eingebürgert hat. Das Wort Polarisation bedeutet hier soviel wie das deutsche Wort „Seitlichkeit", ein allerdings durchaus nicht glücklich gewählter Ausdruck. Diese Veränderung entsteht durch Brechung, durch Reflexion und noch durch die sogenannte Doppelbrechung, von der wir bald mehr zu sprechen haben werden. Erfolgen die Schwingungen im polarisirten Lichtstrahl untereinander parallel, also in derselben Ebene, so heisst das Licht „geradlinig polarisirt". Die auf diese Schwingungsebene senkrecht gedachte Ebene heisst man „Polarisationsebene", um dadurch die Richtungen zu charakterisiren, in denen der polarisirte Strahl dieses oder jenes Verhalten zeigt. Bei der einfachen Brechung in Glasplatten liegt diese Polarisationsebene senkrecht zur Einfallsebene, bei Reflexionspolarisation ist sie mit der Einfallsebene ident. Man hat diesfalls die Hypothese aufgestellt, dass die Schwingungen in jedem polarisirten Lichtstrahle senkrecht zur Polarisationsebene geschehen. Strahlen, deren Polarisationsebenen senkrecht aufeinander stehen, nennt man entgegengesetzt polarisirt. Dies ist z. B. der Fall bezüglich des reflectirten und des gebrochenen Strahles in der oben von uns als Polarisationsmittel erwähnten Glasplatte; sie sind entgegengesetzt polarisirt. Richtiger wäre die Bezeichnung „rechtwinklig polarisirt". Wir haben, wie erwähnt, angenommen, dass die Schwingungen im polarisirten Lichtstrahle in ein und derselben Ebene erfolgen, die auf der Polarisationsebene senkrecht steht. In diesem Falle spricht man von geradlinig polarisirtem Lichte, wie wir oben ausgeführt haben. Zwei rechtwinklig polarisirte Strahlen können zusammentreffen. Die Undulationstheorie nimmt nun an, dass, wenn der Gangunterschied zweier gleich und rechtwinklig polarisirter Strahlen mehr oder weniger als eine halbe oder ein Vielfaches einer halben Wellenlänge beträgt, die Bewegung des von den beiden Wellensystemen der entgegengesetzt polarisirten Strahlen getroffenen hypothetischen Aethertheilchen keine geradlinige, sondern eine krumme ist, da dann die durchlaufene Bahn spiralförmig wird. Auf die Begründung können wir in diesem für den Praktiker bestimmten Leitfaden nicht weiter eingehen, nur die Begriffe müssen wir erklären. Wenn der Gangunterschied $^1/_4$ Wellenlänge beträgt, so ist das Licht rechts, wenn er $^3/_4$ Wellenlänge beträgt, ist es links kreisförmig polarisirt (Circularpolarisation). Bei allen anderen Gangunterschieden (ausser 0 oder das Vielfache einer halben Wellenlänge, in welchen Fällen auch beim Zusammentreffen rechtwinklig polarisirter Strahlen geradlinig polarisirtes Licht entsteht) wird das Licht elliptisch polarisirt sein und die Schwingungsamplituden der beiden Strahlen werden zueinander in demselben Verhältnisse stehen, wie die Achsen der betreffenden Ellipsen. Bei gleichen Schwingungsamplituden entsteht natürlich eine kreisförmige Linie, es ist also die circuläre Polarisation blos ein besonderer Fall der elliptischen. Praktisch wichtig ist die Circularpolarisation dadurch, dass gewisse Substanzen, z. B. Natrium-

2. Reflexion: Spiegel unter obigem Winkel geneigt ohne Metallbelegung, z. B. aus schwarzem Glase.

3. Doppelbrechung: *A.* Platten aus den hexagonalen säulenförmigen Krystallen des Turmalin geschliffen;

B. Ebensolche Platten von Herapathit (Jodchininpräparat).[1])

C. Nicol'sche, Foucault'sche, Glan-Thompson'sche, Prazmowski'sche und Abbe'sche Prismen.

Da in der mikroskopischen Technik hauptsächlich Nicol'sche, Prazmowskische oder Abbe'sche Prismen verwendet werden, wollen wir blos diese hier berücksichtigen.

Beide ersteren sind aus Kalkspath gefertigt und beruhen auf der sogenannten Doppelbrechung. Eine Anzahl von Krystallen, und zwar alle, welche dem regulären Krystallsystem nicht angehören, insbesondere aber der Kalkspath, besitzen die Eigenschaft, einen Lichtstrahl in zwei gebrochene Strahlen zu zerlegen. Deshalb erscheint z. B. ein in gewisser Richtung durch einen Kalkspath gesehener Buchstabe doppelt und man nennt den Kalkspath deshalb auch Doppelspath. Der eine der Strahlen bildet mit dem anderen stets einen rechten Winkel. Einer der Strahlen wird in Bezug auf den Einfallswinkel stärker abgelenkt und heisst der ordentliche Strahl, der schwächer gebrochene der ausserordentliche Strahl. Beide Strahlen sind polarisirt.

Nicol hat es nun verstanden, mittelst Zusammensetzung eines Prismas aus zwei eigenthümlich geschliffenen Kalkspathkeilen, indem er selbe mit Canadabalsam zusammenkittete, durch totale Reflexion an der Kittfläche den ordentlichen Strahl ganz zu beseitigen.

Fig. 322 zeigt schematisch, wie ein solches Nicol'sches Prisma hergestellt wird. Ist *a b c d* ein Kalkspathrhomboëder, so werden dessen Endflächen *a b* und *c d*, welche mit den Seitenkanten einen Winkel von nahezu 71° bilden, zunächst derart abgeschliffen, dass sie mit denselben nur mehr einen Winkel von 68° bilden und dass die neuen Flächen mit der optischen Axe des Krystalles *g f* rechte Winkel ergeben. Hierauf nimmt man die eine Hälfte des Prismas in der Richtung der optischen Axe *f g* durch Schleifen weg, behandelt ganz ebenso die andere Hälfte eines fast gleichgrossen Kalkspathrhomboëders, kittet beide Hälften in der Richtung *f g* zusammen und erhält so ein Nicol'sches Prisma. Dieselbe Fig. 322 kann uns ein solches schematisch im Längsschnitte vorstellen, nämlich *a f d g*. Fällt nun ein Lichtstrahl in dieses Prisma, so wird er gespalten. Der ausserordentliche geht in der Richtung *n p*, der ordentliche von *n* nach *q*, wird an der Canadabalsamfläche bei *z* reflectirt und geht nach *s*, wo er von den geschwärzten Wänden des Instrumentes verschluckt wird.

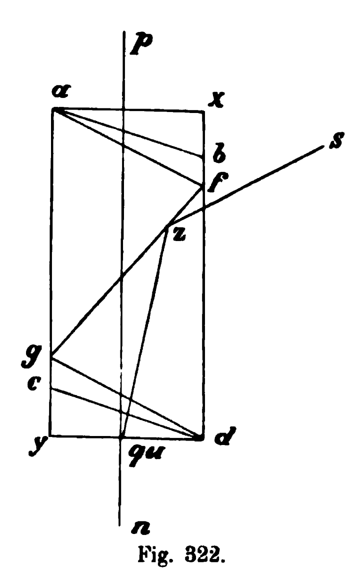


Fig. 322.

Aus obiger Darstellung über das Wesen des polarisirten Lichtes wird man leicht einsehen, dass man zwei solcher Nicol'scher Prismen braucht. Eines zum Polarisiren und eines zum Analysiren, Polariseur und Analyseur. Wir wollen gleich hier erwähnen, dass Zeiss bei seinem Analyseur ein Abbe'sches Prisma anwendet, welches in einem Ocular zwischen den zwei Linsen untergebracht ist und besser wirken soll als ein gewöhnlicher

[1]) Herapath stellte diese Verbindung in den 50er-Jahren des 19. Jahrhunderts aus saurem, schwefelsaurem Chinin, Essigsäure, Schwefelsäure und Jodtinctur zuerst dar.

[illegible] Meist verwendet man aber gewöhnliche Nicols auch [illegible] dass man noch die obere Fläche des Nicol'schen [illegible] Vermeidung von Reflexionsstörungen senkrecht auf die opt[illegible] Mikroskopes mit Ansätzen aus Kalkspath abc und cdy vers[illegible] abzuschrägen, diese Ansätze aus Glas zu machen und auch [illegible] mit aufgekitteten Glasplatten zu schützen, da Glas bedeuten[illegible] gegen Abputzen von Staub, Säuredämpfe etc. widerstandsfähige[illegible] spath, also die Prismen dadurch dauerhafter werden.

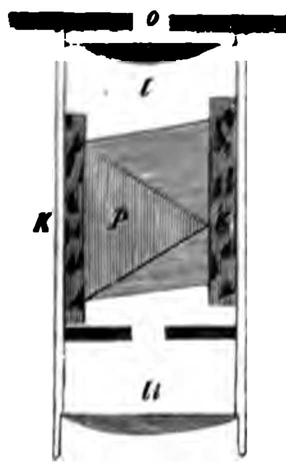


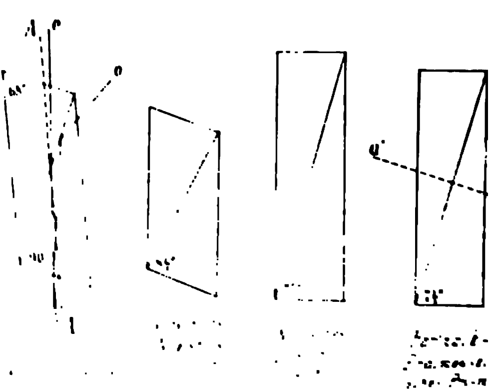
Fig. 324.

Fig. 324 zeigt das Zeiss'sc[illegible] ocular. P ist das Abbe'sche Pr[illegible] in einem Huyghens'schen Ocula[illegible] Korkplatten KK_1 zwischen den L[illegible] festgehalten wird.

Die Strahlen werden theil[illegible] brechenden Kante des Prismas pola[illegible] dann ohne Ablenkung durch, the[illegible] senkrecht zur brechenden Kante pol[illegible] dann gegen die geschwärzte Inne[illegible] worfen und verschluckt, so dass n[illegible] durch o in's Auge gelangen. Hier is[illegible] mit dem Oculare fest verbunden [illegible] mit diesem benützt werden.

Meist wird aber der Analyse[illegible] sationsapparaten, die accessoris[illegible] skopen sozusagen als Nebenappar[illegible] werden, zum Aufsetzen auf das [illegible] richtet, so dass man dann rasch [illegible] entfernen und die Oculare wechseln kann, obgleich schwä[illegible] auch hier die besten Bilder geben.

[1] Man nennt gewöhnlich alle Prismen, die zur Polarisation dienen, k[illegible] Die Fig. 323 zeigt die gebräuchlichsten im Längsschnitte nach Zeichnunge[illegible] in Graz aus der vortrefflichen, bei Deuticke in Wien 1903 erschienenen En[illegible] mikroskopischen Technik. Beim Nicol'schen Prisma ist der Strahlenga[illegible] wir diesen schon bei Fig. 322 besprochen haben, so können wir gleich z[illegible] Nicol'schen Prisma übergehen. Es wurde von Steeg und Reuter in Ho[illegible] zum Unterschiede vom Nicol'schen Prisma sind die Neigungswinkel der Endflächen nicht abgeschliffen und die Schnittfläche um 84° zu den Endflächen geneigt. Die Grosse des Gesichtsfeldwinkels beträgt beim normalen Nicol 29°, beim verkürzten 2[illegible]. Dieselbe Firma verfertigt auch ein Nicol mit geraden Endflächen, das [illegible] [illegible]


Fig. 323.

[illegible]

Fig. 325 zeigt eine solche Einrichtung, mittelst welcher man jedes mit einem Abbe'schen Condensor versehene Mikroskop zu Polarisationsversuchen aller Art benützen kann. Links sieht man den Analyseur, der auf den Tubus über dem Ocular aufgesetzt werden kann, rechts den Polariseur, welcher in den Blendenträger oder die Irisblende des Abbe'schen Condensors kommt, denn es empfiehlt sich für die gewöhnlichen Untersuchungen, da man beim Polarisiren fast 75% der ursprünglichen Lichtstärke verliert, den Condensor zur Lichtverstärkung zu benützen. Um halbwegs paralleles polarisirtes Licht zu erhalten, wird der Abbe'sche Condensor tiefer gesenkt, so dass die oberste Linse nicht mehr in der Tischebene, sondern etwa 5 *mm* unter diese zu stehen kommt. Bei schwachen Vergrösserungen, wo weniger Licht erforderlich ist, kann man den Condensor ganz entfernen und blos die Blende mit dem Polariseur belassen. Man verwendet auch ohne den Condensor den Planspiegel (nicht den Hohlspiegel). Der Analyseur hat eine Kreistheilung und wir werden gleich sehen weshalb.

Versehen wir irgend ein grösseres Mikroskop, welches mit Abbe'schem Beleuchtungsapparate ausgestattet ist, mit dem Polarisationsapparate, indem wir



Fig. 325.

den Polariseur in die Blendöffnung des Condensors, den Analyseur aber auf den Tubus über dem Ocular aufsetzen und blicken, ohne dass ein Object auf dem Tische desselben liegt, nach Anschrauben eines mittelstarken Systemes und nach entsprechender, kräftiger Beleuchtung durch den Analyseur, welchen wir gleichzeitig langsam drehen, so sehen wir, dass Licht und Dunkelheit langsam, aber stetig abwechseln, so wie wir den Analyseur drehen.

Stellt man nun die Kreistheilung am Analysator auf 90 und dreht unten den Polarisator so lange, bis das Gesichtsfeld ganz dunkel erscheint (gute Polarisationsapparate sollen das Gesichtsfeld bei Anwendung schwacher Ob-

(Kalkspath $CaCO_3$ als stumpfes oder spitzes Rhomboëder), sehr selten und dadurch theuer geworden ist, so hat man neuerer Zeit versucht, theils den Kalkspath durch Natronsalpeter zu ersetzen, theils an ihm zu sparen, indem man ein Spaltstück von Kalkspath zwischen zwei Glaskeile einkittete. Der Natronsalpeter verwittert zu leicht, als dass ich ihm eine Zukunft versprechen könnte, wohl aber ist es Dr. Abbe gelungen, einen Analysator (Polarisatoren sind leichter herzustellen, da es bei ihnen nicht so auf die genaue Achromasie ankommt, wie bei den Analysatoren) aus zwei keilartigen Flintglasprismen von 36° mit einem Kalkspathkeile (Prisma) von 60° zu combiniren, wie dies die Fig. 323 (letzte Zeichnung) zeigt. Das Flintglas ist schraffirt. Der ordentliche Strahl tritt bei dieser Anordnung ohne Dispersion und Ablenkung hindurch, der ausserordentliche wird abgelenkt und kommt in Folge seiner seitlichen Richtung nicht in das Auge, da dies der in Fig. 324 bei *o* und *Sch* sichtbare blendenartige Oculardeckel verhindert.

jective tiefschwarz erscheinen lassen!).[1]) so wird man sehen, dass bei weiterer Drehung an dem Analysator bis auf 180⁰ das Gesichtsfeld hell wird und bei noch weiterer Drehung bis 270⁰ wieder dunkel und auf 0⁰ zurück wieder hell. Wir sehen also, dass die Stellung der Nicols bei 0⁰ und 180⁰ eine parallele, bei 90⁰ und 270⁰ eine gekreuzte war. Bei gekreuzten Nicols wurde eben der polarisirte Strahl durch den Analyseur ausgelöscht. Lassen wir nun unseren Apparat auf 90⁰ stehen, so dass er Finsterniss zeigt, und bringen nun einige Körner Stärkemehl, etwa in Canadabalsam eingelegt, auf den Ojecttisch, so werden wir eine merkwürdige Erscheinung beobachten: Die Stärkekörner werden leuchtend auf weissem Grunde erscheinen und ein dunkles Kreuz zeigen, welches die Schichten vom Kerne, dem organischen Centrum aus, durchzieht. Andere organische Körper, wie Baumwolle, Leinwand, Haare, Muskelfasern, ja die ganzen Körper lebender Insecten (z. B. Mückenlarven u. dergl.), werden ebenfalls im dunklen Gesichtsfelde aufleuchten. Weil dies die doppelbrechenden Krystalle von verschiedenen nicht regulär krystallisirenden Substanzen auch thun, so schliesst man daraus, dass die vorerwähnten organischen Gebilde doppelte Brechung haben. Diese richtet sich auch bei den organischen Körpern, sowie bei den Krystallen nach den sogenannten Elasticitätsaxen. Hier zeigt sich eine schöne Analogie zwischen dem Wachsthum eines Stärkekornes und dem eines Krystalles!

Wer sich über diese interessanten Untersuchungen näher informiren will, dem sei G. Valentin's „Die Untersuchung der Pflanzen- und der Thiergewebe im polarisirten Lichte“ — Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann. 1861 — bestens empfohlen, es ist in jeder Hinsicht ein classisches Werk!

Bringt man ein Präparat zwischen die gekreuzten Nicols, welches viele und relativ grosse Krystalle enthält, die nicht dem regulären System angehören, wie z. B. ein verdunsteter Tropfen Candiszuckerlösung oder einer Lösung von chlorsaurem Kali solche aufweist, so sieht man herrliche Farben zwischen den gekreuzten Nicols auftreten. Dreht man nun das Präparat, so sieht man, dass die Helligkeit und Lebhaftigkeit der Farben wechselt und bei einer gewissen Stellung ihr Maximum erreicht. Im Allgemeinen wird, wenn man blos einen Krystall in's Auge fasst, bei der Drehung durch die sogenannten vier Quadranten das Licht- und Schattenspiel in denselben abwechselnd heller auftreten und zu erlöschen scheinen, beziehungsweise werden die Farben wechseln. Deshalb gibt man den Mikroskopen zu Polarisationszwecken gerne eine solche Einrichtung, dass der Tisch, der dann rund gemacht und mit Eintheilung in 360⁰ versehen wird, sich um seine verticale Axe drehen lässt. Es ist deshalb für Praktiker, die ausser den gewöhnlichen Untersuchungen mit demselben Mikroskope auch Untersuchungen im polarisirten Lichte machen wollen, vortheilhaft, sich eines Statives mit dreh- und centrirbarem Tische, wie solche heutzutage von allen Firmen des Continents ohnehin als grössere und sogar jetzt schon mittlere Stativtypen gefertigt

[1]) Leider ist dies bei den gewöhnlichen heute üblichen Ocularen, Objectiven und Condensoren nicht der Fall. Bei voller Beleuchtung muss man sich mit einem tiefschwarzblauen Gesichtsfeld meist zufriedenstellen. Die Glaslinsen sind nämlich durch die Spannung bei der Fassung und Centrirung meist etwas doppelbrechend geworden: später lässt diese Spannung nach. Aber auch die modernen Glasflüsse, aus welchen heutzutage die Linsen verfertigt werden, weisen schon oft an und für sich Doppelbrechung auf, bei stärkeren Combinationen kommt auch noch die durch die einfache Brechung in soviel Linsengläsern bewirkte theilweise Polarisation hierzu. Firmen, welche sich speciell mit der Anfertigung von Polarisationsstrumenten befassen, wie z. B. R. Fuess in Steglitz bei Berlin oder Voigt & Hochsang in Göttingen, pflegen ihren Instrumenten Oculare, Objective und Condensoren beizeben, die von solchen Fehlern möglichst frei sind. Ich fand übrigens ein älteres mittel-tes Objectiv aus französischem Glas von der längst nicht mehr bestehenden altberühmten a Oberhäuser in Paris von Doppelbrechung frei und benütze es mit Vorliebe zu suchungen in parallelem polarisirten Lichte.

werden, zu bedienen, da die Anschaffung eigener Polarisationsmikroskopstative ziemliche Kosten verursacht und sich derlei Stative zu den Untersuchungen, die keines polarisirten Lichtes bedürfen, nicht immer gleich gut eignen. Allerdings ist die Centrirung des drehbaren Tisches mittelst an ihm angebrachter Centrirschrauben niemals so leicht und exact ausführbar, wie durch die an eigens zu Polarisationszwecken gebauten Mikroskopstativen vorgesehene Einrichtung zur Centrirung der Objective. Diese letztere Vorrichtung aber schliesst die Anwendung des bei nicht im polarisirten Lichte vorzunehmenden Untersuchungen so bequemen Revolvers nahezu aus. Andererseits gewährt ein zwar drehbarer, aber nicht centrirbarer Tisch eine bedeutend grössere Stabilität, die namentlich bei Untersuchungen mit stärkeren Objectiven sehr in Betracht kommt. Man muss sich eben hier stets vor Augen halten, dass z. B. jener Praktiker, der viel oder ausschliesslich Untersuchungen im polarisirten Lichte auszuführen hat, besser daran tun wird, sich gleich ein sogenanntes mineralogisches (petrographisches) Stativ anzuschaffen. Da die Mineralogen, Geologen, Petrographen und heutzutage auch viele Chemiker sich vorzugsweise der Polarisationsmikroskope bedienen, hat man die hiezu geeigneten Stative vielfach kurzweg als „mineralogische“ bezeichnet. Diese sind nicht nur zu den gewöhnlichen Untersuchungen der Doppelbrechung (Anisotropie), zu denen paralleles Licht genügt, geeignet (jedes mit drehbarem Tisch versehene Mikroskop kann durch den in Fig. 325 abgebildeten Polarisationsapparat zu einem derartigen „Polarisationsmikroskop“ umgewandelt werden), sondern besitzen, wie wir bald weiter unten sehen werden, noch mancherlei Einrichtungen, die sie insbesondere auch befähigen, Untersuchungen der Interferenzbilder doppelbrechender Krystalle im sogenannten convergenten polarisirten Lichte vorzunehmen, zu welchen Untersuchungen früher einmal das heutzutage wohl vorzugsweise in physikalischen Cabineten in Verwendung stehende „Nörremberg'sche Polarisationsmikroskop“ auch den Mineralogen zu dienen pflegte. Allerdings wird der Praktiker, sei er nun Montanist, der den Boden auf nutzbare Mineralien, oder ein Geologe, der z. B. Ackererden auf ihre Zusammensetzung und demgemäss ihre Güte, oder endlich ein Chemiker, der etwa in der Praxis nutzbare Chemikalien auf Identität und Reinheit an der Hand ihres optischen Verhaltens prüfen will, seltener in die Lage kommen, sich des Mikroskopes zu Untersuchungen auf Interferenzbilder zu bedienen, als der Lehrer und rein wissenschaftliche Ziele verfolgende Forscher. Auch der praktische Arzt und Thierarzt, der Land- und Forstwirth werden sich wohl seltener des Polarisationsmikroskopes zu bedienen haben, als der Histologe und Physiologe, der Botaniker und Pharmakognost. Immerhin ist auch für den Praktiker auf histologischem Gebiete, insbesondere z. B. für den Gerichtsarzt und Gerichts- und Nahrungsmittelchemiker, ein Polarisationsapparat nach Art des in Fig. 325 abgebildeten eine nützliche Beigabe zum Mikroskope, denn, wie Magnus in dem Artikel „Polarisationsmikroskop“ in der Encyklopädie der mikroskopischen Technik etc. (Verlag von Urban & Schwarzenberg in Wien und Berlin, 1903) treffend sagt, wird die Untersuchung thierischer Gewebe[1]) im polarisirten Lichte weitaus nicht in dem Umfange geübt, wie sie es verdient, und wird nicht allein zu dem Zwecke vorgenommen, um in der Anisotropie eines Objectes und dessen besonderem Verhalten bei der Untersuchung im polarisirten Lichte neue Merkmale festzustellen, sondern sie kann unter Umständen auch mit Vortheil dazu verwendet werden, aniso-

[1]) Anmerkung des Verfassers: Wohl auch pflanzlicher! Die kleinsten Fragmente pflanzlicher Gewebe, durch Einschluss in stark lichtbrechende Medien (vergl. S. 427) recht durchsichtig gemacht, zeigen zwischen den gekreuzten Nicols Details, z. B. Spiral- und Treppengefässe, Krystalle u. dergl. mit geradezu schematischer Deutlichkeit!

[illegible] Gewebstheile [illegible] selbst am frischen Objecte — in einer Reinheit und Klarheit zur Darstellung zu bringen, die von keiner anderen (z. B. Färbungs- oder Imprägnations-) Methode übertroffen wird. Ja, es wäre nicht ausgeschlossen, dass in irgend einem Falle Structurelemente, welche sonst weder durch ihr Brechungsvermögen oder ihre Lichtabsorption, noch durch ihre Färbbarkeit gut zu differenziren wären, erst durch Nachweis ihrer Anisotropie überhaupt sicher nachgewiesen werden könnten. Ich selbst habe an einigen Pflanzenpräparaten, die ohne polarisirtes Licht nur wenig Structurdetails aufwiesen, im polarisirten Lichte Krystalle, Spiralgefässe und Tüpfel deutlich gesehen.

Diese Bemerkungen mussten vorausgeschickt werden, um die Wirkungsweise und die Anwendungsgebiete des Polarisationsmikroskopes wenigstens zu skizziren. Da die Darstellung der Polarisationstechnik eine derartig grosse Materie umfasst, dass sie unmöglich in dem Rahmen dieses Leitfadens Raum finden kann, so muss der Verfasser desselben, um dem mikroskopirenden Praktiker dennoch einen dem heutigen Stande der einschlägigen Disciplinen halbwegs entsprechenden Ueberblick über die modernen Polarisationsmikroskope und deren für die Praxis wichtigsten Nebenapparate und Hilfsmittel zu bieten, den umgekehrten Weg einschlagen, als wie es sonst in diesem Leitfaden geschehen ist. Er muss nämlich nicht vom einfacheren zum complicirteren Instrument fortschreiten, sondern vielmehr zunächst recht vollständige Polarisationsmikroskope beschreiben, um anzuführen, was alles von einem allen polarisationsmikroskopischen Zwecken genügenden Instrumente verlangt und geleistet wird, um dann allmälig zu einfacheren Instrumenten überzugehen und schliesslich zu zeigen, wie man vielen von den vollkommenen Instrumenten erfüllten Anforderungen auch durch Adaptirung der gewöhnlichen Mikroskope gerecht werden kann. Die wichtigsten Grundbegriffe sind im Vorstehenden, soweit es der beschränkte Raum dieses Buches gestattet — also leider ziemlich cursorisch — besprochen worden; bevor wir aber auf die Beschreibung vollständiger Polarisationsinstrumente eingehen, müssen wir noch eine früher oft ventilirte constructive Frage erörtern, nämlich die, an welcher Stelle des Mikroskopes man das analysirende Nicol anbringen und wie man es mit dem Tubus verbinden soll, um die beste Wirkung zu erzielen. Aus Fig. 324 haben wir gesehen, dass Zeiss das Analysatorocular von Abbe derart fertigt, dass er das analysirende Prisma zwischen die Ocularaugenlinse und das Collectiv bringt. Aehnliche Constructionen hat auch Hartnack in Potsdam in seinen Polarisationsapparaten ausgeführt. Der Nachtheil dieser Construction liegt in der Beschränkung auf das Ocular, in welchem das Prisma eingebaut ist. Dieselbe Beschränkung weist eine früher ab und zu gebrauchte Constructionsweise des Analysators auf, bei welchem das Nicol unten an dem Collectiv des Oculars in einer angeschraubten Hülse untergebracht war. Beide Constructionen gestatten schliesslich nicht den raschen Wechsel zwischen polarisirtem und nichtpolarisirtem Lichte, der erleichtert wird, wenn das analysirende Nicol auf dem Oculare — welches übrigens auch in diesem Falle ein schwaches (etwa Nr. 2 Reichert) sein soll, da sonst das Gesichtsfeld zu beschränkt wird — leicht aufgesetzt und auch leicht abgenommen werden kann, wie dies bei dem Polarisationsapparate Fig. 325 der Fall ist. Meistens wird das zur leichteren Centrirung der Objecte (geschieht diese nun durch einen centrirbaren Objecttisch oder eine centrirbare Objectivfassung), ferner zur Orientirung der später zu besprechenden sogenannten „Hauptschnitte“ und auch [illegible] Winkelmessungen an Krystallen in den Ocularen der Polarisationsmikroskope angebrachte Fadenkreuz dadurch fixirt, dass das Ocular [illegible] Fadenkreuzocular) oben einen Stift besitzt, welcher in eine [illegible] Einkerbung „Marke“ vom oberen Tubusende einfällt.

Dieser Stift ist oft (wie bei Reichert) in eine im Ocular angebrachte drehbare Hülse, welche die Blendung und auf dieser entweder ein auf einer Glasplatte eingeritztes Strichkreuz oder ein wirkliches aus Spinnwebfäden oder Platindrähten verfertigtes Fadenkreuz trägt, eingeschraubt und lässt sich in einem zu dem Umfang der Ocularröhre concentrisch verlaufenden Ausschnitte der letzteren um circa ein Viertel des Ocularumfanges schieben, so dass sich das Fadenkreuz etwas um den Kreuzungspunkt seiner Fäden drehen und so bei der erst später zu besprechenden Justirung des Polarisationsmikroskopes zur Rectificirung gewisser Abweichungen benützen lässt. Die Winkelmessung von Krystallen bei feststehendem Fadenkreuzocular und mit seinem in 360° getheilten Kreise drehbarem analysirenden Nicol darüber kann also blos durch Drehung des Objectes auf einem drehbaren und mit Kreistheilung versehenen Tische, natürlich auch ohne dass der Analysator aufgesetzt ist, erfolgen. Talbot setzt zwar auch das Analysatorprisma auf die Ocularlinse, verbindet aber dieses fest mit dem Fadenkreuzoculare, versieht das letztere mit einem Zeiger, der auf einem Kreise, der am oberen Tubusende angebracht ist, einspielt, und ermöglicht so auch dann Winkelmessungen mit dem Fadenkreuzoculare auszuführen, wenn kein drehbarer, am Rande getheilter Tisch zu Gebote steht. Alle Constructionen, welche das analysirende Nicol am Oculare anbringen, geben ein sehr gut verdunkeltes Gesichtsfeld, wenn die Linsencombinationen nicht an sich doppelbrechend sind und das drehbare Nicol schon vom Optiker aus gut centrirt ist, das heisst durch dasselbe und durch alle Linsencombinationen und das untere Nicol'sche Prisma die optische Axe des Mikroskopes mitten hindurchgeht. Chevalier und Oberhäuser haben nun, da die Anbringung des analysirenden Prismas über dem Oculare das Gesichtsfeld zu sehr einengte, dasselbe über dem Objective im Innern des Tubus angebracht. In den Denkschriften der Wiener kaiserlichen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1858, 4., S. 69 (Band XV) hat nun Brücke, der berühmte Wiener Physiologe, behauptet, dass das Gesichtsfeld zwar grösser, aber selbst bei gekreuzten Nicols nie ohne Abblendung so dunkel werde, wie bei Anwendung eines auf das Ocular aufgesetzten Analysators. Hugo v. Mohl wieder hat die Einschaltung eines so grossen, mit keinen absolut ebenen Flächen versehenen stark lichtbrechenden Körpers zwischen Ocular und Objectiv als der Bildschärfe abträglich bezeichnet, wenn er auch anerkennt, dass das ganze Sehfeld dadurch, dass man das Auge ganz nahe an das Ocular bringen kann, mit Bequemlichkeit übersehen werden kann (vergl. Poggendorfs Annalen, Bd. CVIII, 1859, S. 181, 182). Valentin äussert sich in seinem classischen Werke „Die Untersuchung der Pflanzen- und der Thiergewebe im polarisirten Lichte" (Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1861) auf S. 95 im § 142 dahin, dass nach seinen Erfahrungen die optische Leistung des Mikroskopes durch das zwischen Ocular und Objectiv eingeschaltete analysirende Nicol'sche Prisma kaum irgendwie beeinträchtigt werde, wohl aber bei gekreuzten Nicols die Verdunklung des Gesichtsfeldes keine „zur Entscheidung feinerer Punkte" geeignete sei, wenn auch die gewöhnlichen Polarisationsbilder gut zu erkennen gewesen seien.

Bei den heutigen Polarisationsmikroskopen hat man die Frage der besten Placirung des analysirenden Nicols dadurch gelöst, dass man an den besseren Instrumenten zwei analysirende Nicols anbringt: eines über dem Ocular für die sogenannten stauroskopischen Untersuchungen und eines zwischen Ocular und Objectiv im Tubus für die gewöhnlichen Arbeiten. Natürlich ist die Einrichtung getroffen, entweder das eine oder das andere analysirende Nicol aus dem Strahlengange des Mikroskopes auszuschalten, je nach Bedarf.

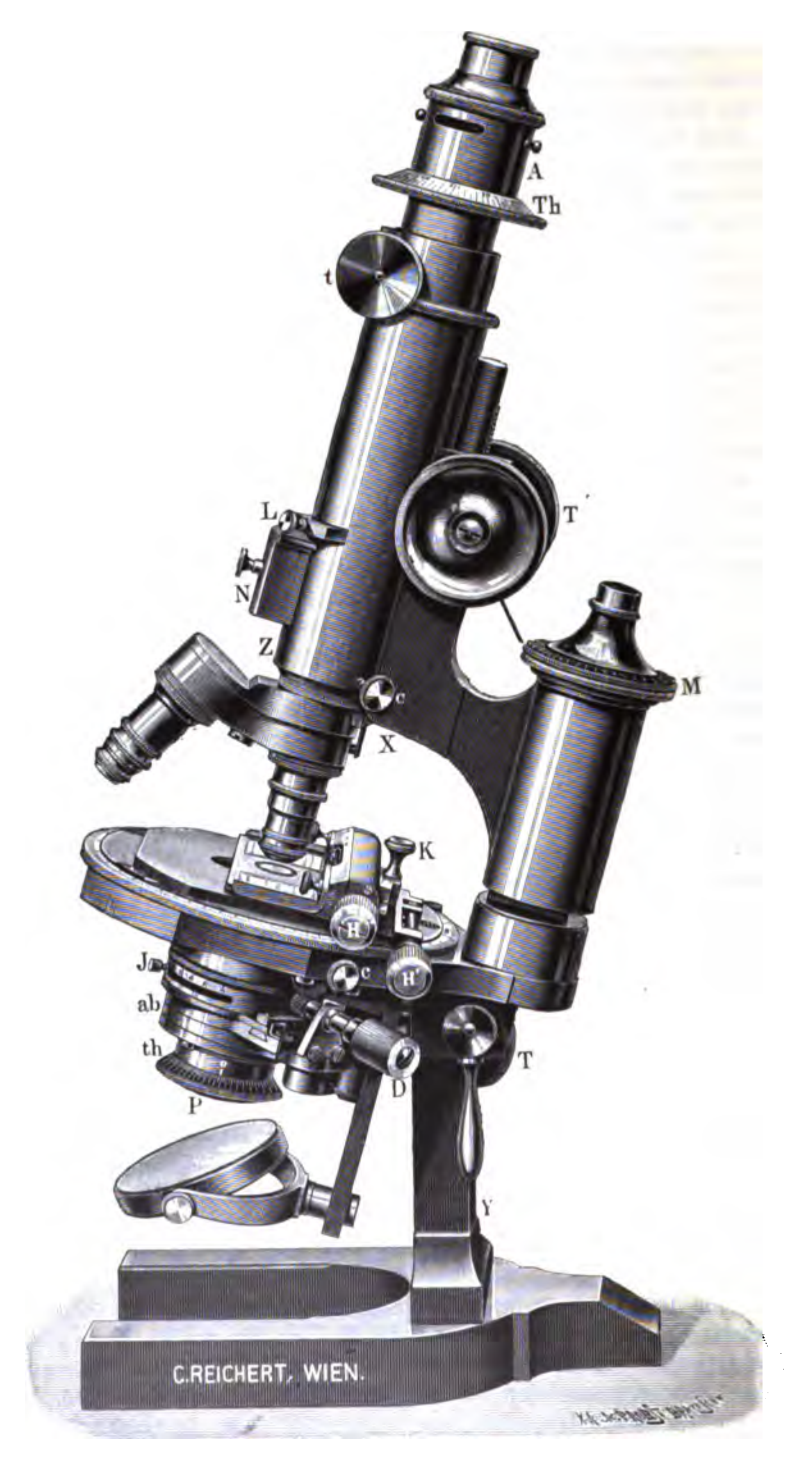


Fig. 326.

Das polarisirende Nicol sollte, wenn es ohne Condensorlinsen oder nur mit einer einzigen Linse behufs Erzielung rein parallelen, nicht convergirenden Lichtes zur Anwendung kommt, um Lichtverluste zu vermeiden, möglichst nahe dem zu betrachtenden Objecte gebracht werden können. Wenn man es, wie z. B. Carl Zeiss es thut, einfach in den Blendapparat eines Abbe'schen Beleuchtungsapparates einhängt, so ist diese Bedingung bei Wegnahme der oberen Condensorlinsen des Abbe'schen Beleuchtungsapparates nicht erfüllt, da der Blendungsträger desselben auch bei Hinaufschieben des Condensorträgers noch immer weit genug vom Objecttischniveau entfernt bleibt. Bei den eigens zu Polarisationszwecken gebauten Instrumenten von Fuess in Steglitz, von Voigt & Hochgesang in Göttingen, von Carl Reichert in Wien und auch den zum Theil nach Angaben des Univ.-Prof. Dr. Ernst Weinschenk in München hergestellten Polarisationsmikroskopen von W. & H. Seibert ist diese Bedingung besser erfüllt. C. Reichert verwendet den sogenannten Bertrand'schen Condensor, dessen optische Leistung von jener eines Abb'eschen Beleuchtungsapparates zu wenig verschieden ist, als dass hier näher auf dessen Construction eingegangen werden sollte. Wichtig ist, dass sowohl Reichert als Seibert die oberen Linsen des Condensors beweglich machen, so dass sie sich durch einen Druck seitlich verschieben und dadurch behufs Erzielung mehr parallelen Lichtes, ohne die Lage des Polarisators zu tangiren, ausschalten lassen. Seibert erzielt dies durch die sogenannte Weinschenk'sche Condensorzange, C. Reichert durch eine seiner Werkstätte eigenthümliche Construction, die durch ganz leichten Fingerdruck die Ausschaltung einer oder beider Condensorlinsen ermöglicht. Auch Fuess u. A. haben ähnliche Vorrichtungen geschaffen.

Durch die vorgedachten Einrichtungen ist der Bau der vollkommeneren sogenannten mineralogischen Stative charakterisirt: Sie besitzen zwei analysirende Nicols, einen Condensor mit darunter angebrachtem Polarisator, meist mit Vorrichtung zum raschen Ein- und Ausschalten der Condensorlinsen, sowie Ermöglichung der Ausschaltung des Polarisators u. s. w. Wie schon erwähnt, empfiehlt es sich hier, zuerst recht vollständig ausgerüstete Polarisationsmikroskope zu betrachten und dann durch Hinwegdenken des Entbehrlichen zu einfacheren Constructionen überzugehen. Da Carl Reichert in Wien, woselbst Verfasser seinen Wohnsitz hat, neuerer Zeit der Construction sehr vollkommener mineralogischer Stative seine Aufmerksamkeit mit bestem Erfolge zuwendete, so möge es dem Verfasser gestattet sein, ohne dem Vorwurfe des Localpatriotismus ausgesetzt zu werden, zunächst an der Hand Reichert'scher mineralogischer Mikroskope die Construction derselben zu besprechen. Fig. 326 zeigt ein schon sehr vollständiges mineralogisches Instrument aus C. Reichert's Werkstätte, welches er selbst als „Grosses Stativ Nr. Ib" bezeichnet. Das Stativ besitzt einen drehbaren, in 360° getheilten, in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen mittelst der Knöpfe H und H' beweglichen Objecttisch. Dieser Kreuzschlittentisch ist mit Findertheilungen versehen (vergl. S. 78, 79 u. 80 d. B.), weiters gestattet die Bewegungseinrichtung ein genaues Einstellen von Scheitelpunkten an Krystallen in den Kreuzungspunkt der oben erwähnten Fäden des Ocularfadenkreuzes und es kann der drehbare getheilte Tisch deshalb bequem zum Winkelmessen verwendet werden. (Vergl. S. 163 d. B.) Um aber genauere Winkelmessungen zu ermöglichen, muss natürlich der Tisch genau um die optische Axe des Instrumentes rotiren. Bei dem abgebildeten Stative kann das Objectiv mittelst zweier aufeinander senkrecht am Tubus bei X angebrachter Schrauben, von denen nur die eine, c, zu sehen ist, centrirt, das heisst die optische Axe mit dem Drehpunkt des Objecttisches zusammenfallend gemacht werden. An diesem Mikroskope ist noch

ein Revolver zum Objectwechseln mit besonders verlässlicher Einspringfeder X angebracht, doch ist die Centrirung bei Anwendung eines Revolvers stets eine sehr labile und muss beständig corrigirt werden, weshalb Fuess u. A. Objectivzangen nach Art der auf S. 77, Fig. 73, dieses Leitfadens abgebildeten zum Wechseln der Objective verwenden, Vorrichtungen, die allerdings nicht so compendiös wie die Revolver, aber in der Centrirung verlässlicher sind und für eine beliebige Anzahl Objective den Wechsel gestatten. C. Reichert hat übrigens an dem bald zu besprechenden neueren Polarisationsstative einen ganz eigenartigen, am ehesten mit dem auf S. 76 d. B. erwähnten Zeiss'schen Objectivschlitten vergleichbaren Objectivwechsler angebracht. Der äussere Tubus (Fig. 326, Z) ist mittelst Zahn und Trieb verstellbar, durchbrochen und gestattet bei L die sogenannte „Bertrand-sche Linse" einzuschieben, welche mit zwei Nicols verwendet, die Betrachtung der oben erwähnten Interferenzbilder nach Art des Nörremberg'schen Polarisationsapparates ermöglicht, wenn man die Beobachtungen im convergenten Lichte machen will. Der innere Tubus (Tubusauszug) ist ebenfalls mittelst Zahn und Trieb genau einstellbar und kann dadurch das Ocular sehr präcise auf die deutliche Sehweite hinsichtlich des vom Objectiv entworfenen, von der Bertrand'schen Linse L vergrösserten Interferenzbildes eingestellt werden.

Bei dem bald zu besprechenden neueren Polarisationsmikroskope hat C. Reichert nach dem Vorgange von Fuess auch die Bertrand-Amici-sche Linse im inneren Tubus, und zwar mit diesem in einem Ausschnitte des äusseren Tubus durch den Zahn und Trieb des inneren Tubus beweglich angeordnet, wodurch das Ocular und die als Hilfsobjectiv zu betrachtende Bertrand'sche Linse in festem, eine constante Vergrösserung des Interferenzbildes („Axenbildes") gewährleistendem Abstande auf das Interferenzbild gleich einem Mikroskope eingestellt werden können. Der Polarisator ist hier (Fig. 326) an einem Blendenträger des completen Abbe'schen Condensors angebracht und hat bei *th* eine Kreistheilung, bei J eine Irisblende; doch gibt C. Reichert auch diesem Mikroskope einen Bertrand'schen Condensor zur Betrachtung der Axenbilder bei. Oben ist ein auf das Ocular aufsetzbarer Analysator A mit Theilung Th angebracht, vor dessen Benützung natürlich der innere analysirende Nicol N herausgeschoben werden muss. Bei solchen mit zwei Analysatoren versehenen Instrumenten, wie das in Fig. 326 abgebildete eines ist, wird übrigens der aufsetzbare Analysator A, der mit einem Schlitz zum Einschieben von Quarz- oder Gypskeilen (davon später) versehen ist, vorwiegend für die stauroskopischen Bestimmungen[1]) und für Erkennung und Messung der gewissen Substanzen eigenen, später näher zu bespre-[illegible]den Circularpolarisation benützt. Für alle gewöhnlichen Untersuchungen [illegible] auch für die Axenbilderbeobachtung dient hier der „Innen-[illegible]cher ein grosses Gesichtsfeld gewährt. Eine Linse von grosser [illegible]ie über dem Innennicol angebracht ist, gleicht die Wirkung [illegible] den Focalabstand aus. Die Kreuzstellung der Nicols erfolgt [illegible]ente Fig. 326 durch Drehung des Polarisators bei P. Auch bei Z [illegible] Quarzplatten, Kalkspathschliffe u. dergl. zu besonderen Zwecken

[illegible]geregt durch den Vorgang von R. Fuess in Steglitz bei [illegible] Leiss, Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., Stuttgart, [illegible]182), welcher den Innennicol drehbar und dessen Drehung [illegible]

[illegible]n.), das Kreuz; die feinsten Bestimmungen der Lage der später zu [illegible]nten „Auslöschungskreuze" auf den Flächen doppelbrechender [illegible] betreffenden Krystallsystemen charakteristisch sind, also auf das [illegible]tersuchten Objectes schliessen lassen.



Fig. 327.

an einer Gradtheilung ablesbar machte, weiters, wie oben erwähnt, die Bertrand'sche Linse in dem inneren Tubus, mit diesem durch Zahn und Trieb verschiebbar, anordnete und überdies — um die der Beobachtung auf Axenbilder (Interferenzbilder) unterzogenen kleinen Mineraldurchschnitte von den umgebenden Partien durch Einschnürung des Gesichtsfeldes zu trennen und dann nach Einschaltung der Bertrandlinse ein möglichst klares Axenbild, welches frei von den störenden Einflüssen der daneben liegenden Theile ist, zu erhalten — unter der Bertrandlinse eine Irisblende anbrachte, hat C. Reichert ein neues grosses Polarisationsmikroskop für mineralogisch-geologische Untersuchungen construirt und dasselbe als „Neues grosses mineralogisches Stativ I c“ bezeichnet. Fig. 327 zeigt dessen Construction. Der Polarisator *P* ist in einem bei *S* ausklappbaren Bertrand'schen Condensor mit der oben erwähnten Vorrichtung zum Ein- und Ausschalten einer oder beider Condensorlinsen behufs leichten und raschen Ueberganges vom convergenten zum parallelen Lichte, beziehungsweise umgekehrt, versehen. Der Hebel dieser Vorrichtung ist in unserer Figur bei *i* zu sehen. Bei *t*“ sehen wir die Gradtheilung des Polarisators. Der bewegliche und drehbare Objecttisch trägt bei *h* eine Hebelvorrichtung, durch die das Object rasch und leicht mittelst Druck festgeklammert oder losgemacht werden kann. Der bewegliche Tisch, der etwas complicirt ist, kann nach Lockern der Klemme *g* entfernt und durch einen mit Kreuzfindertheilung („Indicator,“ vergl. S. 80 d. B.) versehenen einfachen drehbaren Hartgummitisch ersetzt werden, was, wenn man das Mikroskop zu gewöhnlichen mikroskopischen Beobachtungen verwenden will, sehr zur Schonung des kostbaren beweglichen Objecttisches beiträgt.

Die grössten Abweichungen gegen Fig. 326 zeigt der Tubus. Er trägt keinen Revolver, sondern den schon erwähnten neuen Hebelobjectivwechsler



Fig. 328.

er Mikrometerschraube in 300 Theile getheilt und noch ein entsprechender
)ecimal-Nonius angebracht ist. Da die Steigung eines Ganges der Mikrometer-
chraube 0·3 *mm* beträgt, so hat ein Grad der Mikrometerknopftheilung den
Verth von 0·001 *mm* = 1 μ (Mikron) und mittelst des Decimalnonius lassen
ich noch Zehntel des Mikrons, also 0·0001 *mm* schätzen! Sind auch die
blesefehler gewiss grösser als ein Zehntel Mikron, so gestattet dennoch
ieser Messapparat die allergenauesten Dickenmessungen bis auf halbe Mikra!



Fig. 333.

Das Stativ Ic Reichert's muss als eine respectable Leistung der Optik und Mechanik auch von Jenen anerkannt werden, die sonst an den inländischen (österreichischen) Erzeugnissen stets etwas auszusetzen finden. Mit dieser Bemerkung soll aber den classischen Leistungen von R. Fuess in Steglitz, Voigt & Hochgesang in Göttingen und W. & H. Seibert in Wetzlar auf dem Gebiete des Baues von Polarisationsmikroskopen keineswegs die Anerkennung versagt werden, dass sie in jeder Beziehung als nachahmenswerthe Muster gedient haben.

Originell, das heisst der Werkstätte C. Reichert's eigenthümlich, ist das für Polarisationszwecke umgemodelte „Austria"-Stativ, welches wir ohne Polarisationseinrichtung schon auf S. 94 dieses Leitfadens besprochen und in Fig. 67 abgebildet haben. Dasselbe wird von C. Reichert in zwei Ausführungen als Polarisationsinstrument geliefert. Die vollkommener ausgestattete Type VIIc zeigt Fig. 333. *C* ist der runde, drehbare, in Grade getheilte Objecttisch mit Hufeisenklammer zum Festhalten des Präparates durch einen Druck, *C* ist
usklappbarer Bertrand'scher Condensor mit Irisblende *J* und Polari-
P. *OW* ist der bereits besprochene Objectivwechsler, der mittelst
Hebels *k* bethätigt wird, Qu^1 ist eine in einem Schlitze über dem
e einschiebbare Quarzplatte, *Ce* ist der Centrirapparat für die
e, *N* ist der ein- und ausschiebbare, aber nicht drehbare Innen-
Bl ist die Bertrand'sche Linse für die Axenbilder, die hier jedoch
in festem, sondern bei Ein- und Ausziehen des Innentubus, der hier
nicht mit Zahn und Trieb, sondern durch Handschiebung beweglich,
an der Umdrehung durch eine in einem Ausschnitte des äusseren

Tubus gleitende Führungsschiene gehindert ist, variablem Abstande vom Oculare functionirt, also die Einhaltung derselben Vergrösserung des Axenbildes bei verschiedener Einstellung nicht gestattet, was übrigens nicht viel zu sagen hat. *A* ist der bekannte, auf das Ocular aufsetzbare Analysator mit dem Schlitze *Qu* zur eventuellen Einschiebung von Quarz- oder Gypskeilen. Die Mikrometerschraube ist als Focimeter ausgebildet und mit dem ausklappbaren Nonius *n* versehen, kurz das Instrument bietet fast alle Vortheile des grösseren Instrumentes Fig. 326, freilich sind die Condensorlinsen, wenn dies nicht eigens bestellt wird, nicht ausklappbar, sondern müssen bei Arbeiten mit genau parallelem Lichte abgenommen werden, eine Einrichtung, die sogar C. Zeiss bei seinem grössten Polarisationsmikroskope Ib in der Weise beibehalten hat, dass sich die zwei oberen Linsen leicht von der Condensorfassung abnehmen lassen, da sie nur aufgesteckt und nicht mit der untersten Linse verschraubt sind. Im Uebrigen sind, was wir hier gleich erwähnen wollen, die Polarisationsmikroskope von Zeiss, Leitz, Seibert u. A. ähnlich construirt wie jene von Reichert. Seibert verwendet, wie schon erwähnt wurde, zur Ein- oder Ausschaltung der convergenten Beleuchtung die von Prof. Dr. Ernst Weinschenk in München ersonnene „Condensorzange“, die im hohlen, drehbaren Objecttisch angebracht ist. Die Zange fasst die oberen zwei Linsen des eigentlichen Condensors von grosser Apertur und schiebt sie zur Seite oder centrisch über die stehenbleibende dritte Linse, die eine geringe Apertur hat, so dass sie zur Beleuchtung mit fast parallelem Lichte verwendet werden kann. Ist der Condensor eingeklappt, so lässt er sich sammt der unteren Linse und dem Polarisator (Nicol) höher und tiefer stellen. Früher bewirkte dies Seibert mittelst Hebels, neuerdings wird aber mittelst einer Schraubenvorrichtung der ganze Condensor sammt Polarisator gehoben oder gesenkt. Der Polarisator ist durch eine von W. & H. Seibert ersonnene Schlittenvorrichtung durch Fingerdruck unabhängig vom Condensor ein- und ausschaltbar. Wer sich für die Details dieser Constructionen interessirt, findet alles Wissenswerthe hierüber in Dr. Weinschenk's in der Herder'schen Verlagsbuchhandlung 1901 erschienenem Büchlein „Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskopes“.



Fig. 334.

Alle namhaften Firmen fertigen indessen auch einfachere Polarisationsmikroskope an, wie z. B. ein solches von Carl Reichert Fig. 334 zeigt. Es ist die einfachere Ausrüstung eines „Austria“-Statives mit Objectivcentrirvorrichtung, getheiltem drehbaren Tische. Das dritte Nicol (Innennicol) ist weggelassen, ebenso die Bertrand'sche Linse. Der Polarisator ist sammt

Condensor mittelst der Schraube S zum Heben und Senken eingerichtet und kann bei Senkung desselben ziemlich paralleles Licht erzielt werden, freilich nicht ohne namhaften Lichtverlust. Es ist blos ein Analysator A über dem Oculare vorhanden, der zum Einschieben von Quarzkeilen u. s. w. den Schlitz Q trägt. Das Instrument reicht auch für feinere stauroskopische Untersuchungen aus und kann, wie wir später sehen werden, zur Noth auch zu Untersuchungen im convergenten Lichte gebraucht werden. Das Fehlen des Innennicols bewirkt, dass man ähnlich wie bei dem blossen Nebenapparate (Fig. 325) sich auch bei gewöhnlichen (nicht stauroskopischen) Untersuchungen im polarisirten Lichte mit einem eingeengten Gesichtsfelde begnügen muss. Auch die Objectivwechselvorrichtung und der Schlitz über dem Objective fehlt. C. Reichert fertigt dieses Instrument noch in einer billigeren Modification an, nämlich ohne Umlegung des Obertheiles und mit Robervalschraube statt Prismaführung. Gegenüber einem mit dem Polarisationsnebenapparate Fig. 325 versehenen gewöhnlichen Mikroskope mit drehbarem und centrirbarem Tische (Fig. 45 auf S. 67 dieses Leitfadens), welcher für circa 10—12 K mit Theilung in 360° versehen werden kann, hat dieses Mikroskop immerhin den Vortheil, dass die Centrirung leichter und stabiler mittelst der Objectivcentrirvorrichtung als jener am Tische gelingt. Wer indessen bereits ein Mikroskop nach Art des in Fig. 45 abgebildeten besitzt, wie es ja jetzt von allen continentalen Firmen (von Seibert jedesmal, auch wenn es nicht zu Polarisationszwecken dienen soll, mit Kreistheilung am dreh- und centrirbaren Tische versehen) geliefert wird und es gegebenen Falles nur gelegentlich zu Polarisationsuntersuchungen benützen will, kann gewiss mit einem Nebenapparat nach Art des in Fig. 325 abgebildeten auskommen, besonders wenn er sich ein Fadenkreuzocular anschafft und dieses im inneren Tubus durch Einfeilen einer Kerbe in seiner Lage fixiren lässt. Das Mikroskop wird dann zu Polarisationszwecken am besten blos mit ganz eingeschobenem Tubus benützt und vorher durch Drehung desselben die Lage des Fadenkreuzes in der später zu besprechenden Weise richtiggestellt, „justirt". Immerhin ist die Anstrengung für das Auge beim Durchmustern (besonders organischer Präparate) mittelst des auf das Ocular aufgesetzten Analysators keine geringe, und Verfasser dieses hat deshalb für Benützung eines Mikroskopes nach Art des in Fig. 45 abgebildeten zu Polarisationsarbeiten einen Hilfstubus construirt, welcher ohne weiteres in den engeren Tubus eingesteckt, die Vortheile des dritten Nicols, also grosses Gesichtsfeld und bequemes Arbeiten, gewährt. Fig. 335 zeigt diesen Hilfstubus im schematischen Durchschnitte. R ist ein Metallrohr von Ocularstärke, welches unten einen Ansatz a trägt, der bei g ein Schraubengewinde hat, mittelst welchem er eben mit dem Rohre R verbunden ist. Die Dimensionen sind in der Figur ersichtlich gemacht. Oben ist das Rohr, was in der schematischen Zeichnung nicht zu sehen ist, so weit ausgedreht, dass es ein gewöhnliches Fadenkreuzocular aufnehmen kann, welches bei O aufgesteckt wird. N ist ein im Ansatze a angebrachtes Nicol'sches Prisma, welches eben als Analysator dient. Bei z sieht man einen eingeschraubten Stift, der in eine Einkerbung des mit

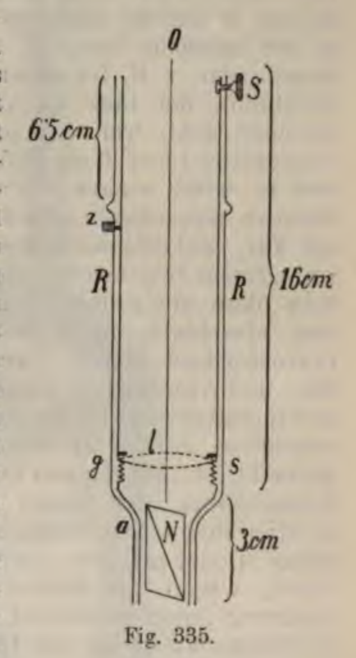


Fig. 335.

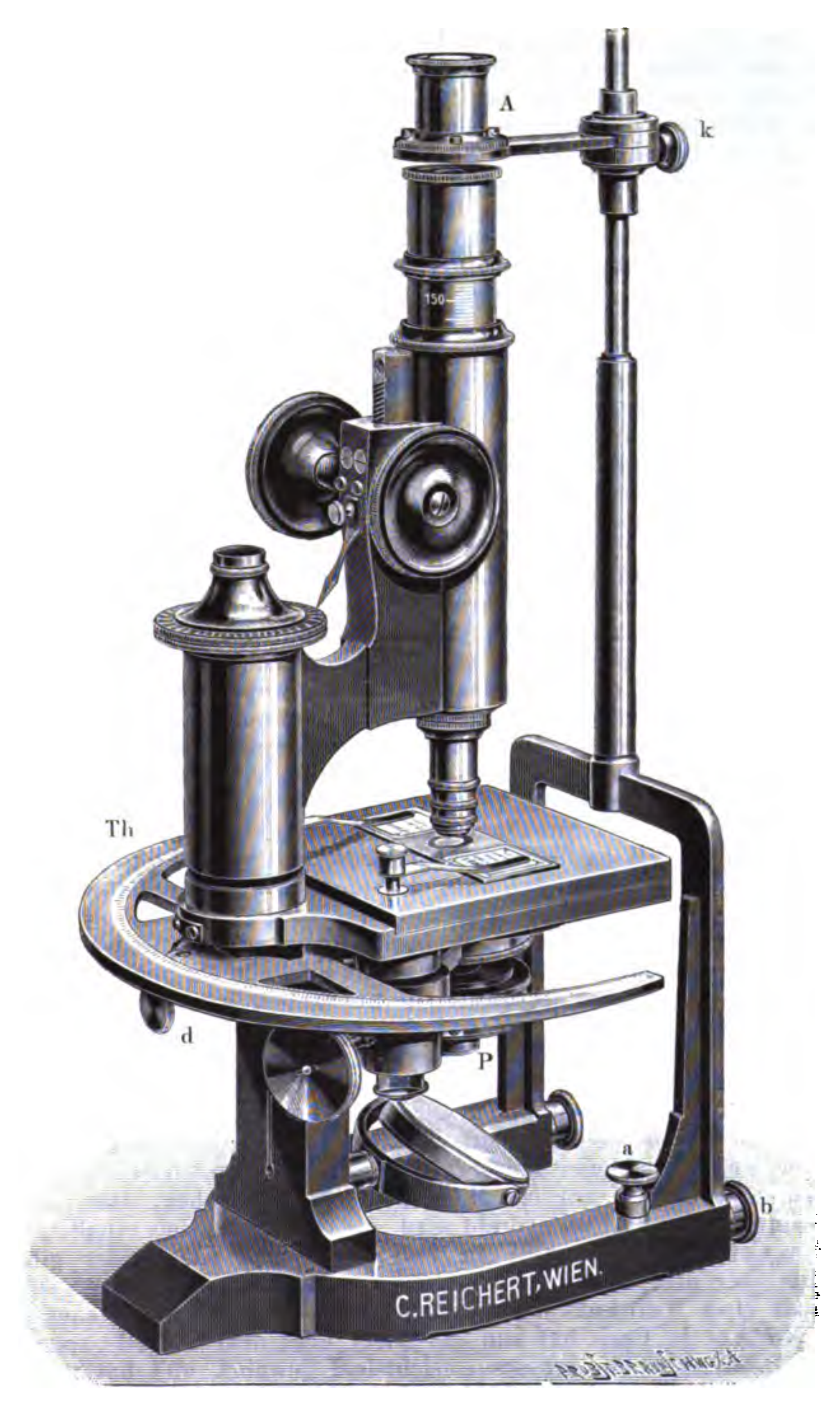


Fig. 336.

stärkere Fadenkreuzoculare benützt und daher mit dem Nachet'schen Polarisationsmikroskope, das ja auch mit Analysator auf dem Oculare versehen werden kann, auch die feinsten Untersuchungen ausgeführt werden, ohne einer Centrirungsvorrichtung zu bedürfen. Da Nachet'sche Polarisationsmikroskope nur selten dem Leserkreise dieses Leitfadens in die Hände kommen dürften, glaubt Verfasser auf eine nähere Beschreibung dieses übrigens gewiss vorzüglichen Instrumentes verzichten zu können. Eine treffliche Abbildung ist in der bereits wiederholt citirten „Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskopes“ von Dr. Ernst Weinschenk, Freiburg i. B., 1901, bei Herder, auf S. 14, Fig. 12 zu finden.

Im Gebiete unseres Leserkreises häufiger, wenn auch noch immer selten genug benützt wird jene Gattung von die Centrirvorrichtung entbehrlich machenden mineralogischen Mikroskopen, bei welchen, einer aus England importirten Constructionsidee des Mechanikers Swift folgend, beide Nicols gemeinsam drehbar angeordnet sind. Diese Art Mikroskope wird von R. Fuess in Steglitz, sowie Voigt & Hochgesang in Göttingen in grosser Vollkommenheit angefertigt, auch die Wiener Firma Carl Reichert hat im Jahre 1902 diese von ihr in sehr präciser Weise gebauten Instrumente in ihren Katalog Nr. 23 aufgenommen; in dem Katalog Nr. 25 von 1904 erscheint jedoch dieses von C. Reichert mit IIaa bezeichnet gewesene Instrument nicht mehr, da die Nachfrage nach diesem Stative eine zu geringe gewesen sein dürfte.

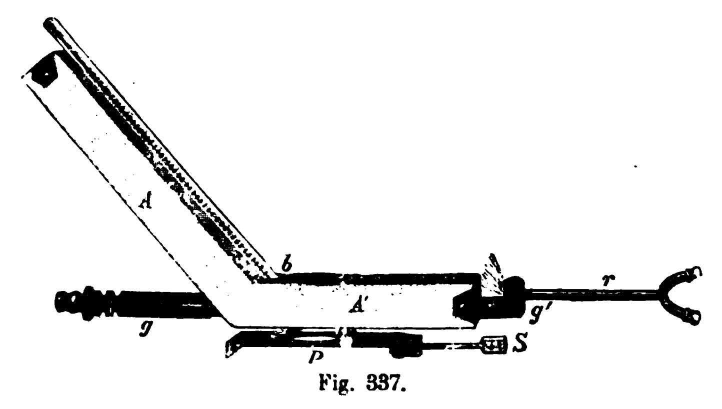


Fig. 337.

Immerhin ist das Instrument technisch so interessant, dass ich es hier nicht übergehen zu dürfen glaube. Bei gewissen Versuchen, bei denen das zu beobachtende Object, z. B. ein Krystall, auf relativ hohe Temperaturen erhitzt und dabei doch zur Beobachtung der optischen Veränderungen, die die Erhitzung herbeiführt, um die optische Axe des Mikroskopes zwischen gekreuzten Nicols gedreht werden soll, würde sich dies auf den bisher beschriebenen mineralogischen Mikroskopen schwer ausführen lassen, denn ein solcher Erhitzungstisch wird mit Gas geheizt und muss mit Schläuchen versehen werden, auch lassen die Forscher sowohl Wasserdampf als auch kalte Luft auf das erhitzte, optisch zu analysirende Object einwirken, wobei wieder Schläuche zur Zuleitung nöthig sind, ja es wurden Apparate construirt, die die Objecte im luftverdünnten Raum (Vacuum) zwischen den gekreuzten Nicols zu untersuchen gestatten. Alle die hiezu nöthigen Apparate lassen sich auf dem drehbaren Objecttisch nur in sehr beschränktem Masse drehen und erfordern daher geradezu ein besonderes Mikroskopstativ, welches die Drehung des Objectes auf dem Objecttische überflüssig macht. Eine Beschreibung der verschiedenen derartigen Apparate wäre für den Praktiker überflüssig, sie dienen mehr dem Forscher.

Unter den verschiedenen, zur Untersuchung der Krystalle in hohen Temperaturen verfertigten Erhitzungsvorrichtungen sei blos ein in neuerer Zeit auf Veranlassung von C. Klein[1]) von Fuess[2]) construirter Erhitzungsapparat[3]) (Fig. 337) kurz besprochen.

Mittelst der Platte P und der Schraube S wird der durch vier isolirende kleine Glascylinder mit der ersteren verbundene Heizkasten A^1 nebst dem Abzugsrohre A auf dem Objecttisch befestigt. Bei b ist die obere und untere Wandung des Heizkörpers durchbrochen und es werden diese durch eingefasste Gläser verschlossen. Etwas unterhalb der Mitte des durchbrochenen Theiles befinden sich die auswechselbaren Auflagen für den Krystall: es werden diese von Glasplättchen und durchbohrten Streifen von Rheotan eine die Wärme schlecht leitende Metallegirung, gebildet. Damit auch das Verhalten in Flüssigkeit erhitzter Krystalle dem Studium unterzogen werden kann, ist dem Apparat ein in die Oeffnung bei b einzusetzendes Flüssigkeitsgefäss beigegeben. Die Objecte liegen dabei auf eingehängten Metallbügelchen.

Die Messung der Temperatur geschieht durch ein bis 450° getheiltes Quecksilberthermometer, dessen sonst leerer Luftraum mit Stickstoff gefüllt ist. Das Gefäss des Thermometers ist gabelförmig, so dass das erhitzte Object sowohl im Luft- als auch im Flüssigkeitsbade in unmittelbare Nähe des Thermometergefässes gebracht ist, um so die Temperaturen des erhitzten Objectes mit möglichster Genauigkeit zu erlangen. Die Erhitzung geschieht durch den Bunsen'schen Brenner g g^1, welcher innerhalb des Kastens A^1 verschoben werden und dadurch die Flamme dem Object beliebig genähert und entfernt werden kann. Bei g^1 ist in den Brenner eine doppelte Schlauchgabel r einsteckbar, die dazu dient, kalte Luft oder Wasserdampf dem erhitzten Objecte zuzuführen.

Um die sonst zu starke Wärmeausstrahlung des Heizkastens und des Abzugsrohres zu verhindern, sind dieselben vollständig mit Asbestpappe überzogen; das Gleiche ist auch bei der auf den Tisch des Mikroskopes zu setzenden Platte P der Fall.

Bei den Untersuchungen in höheren Temperaturen sind die Objective, selbst wenn deren Abstand vom Präparate kein allzu geringer ist, immer der Gefahr ausgesetzt, in Folge deren Erwärmung Schaden zu leiden. Fuess fertigt daher zur Beobachtung mit Erhitzungsapparaten ein eigenes Objectiv von ziemlich grosser Brennweite an, welches von einer flachen, mit zwei Ansätzen für Schläuche versehenen Metalldose umgeben ist, durch die man durch Heberwirkung während der Erhitzung des zu beobachtenden Objectes kaltes Wasser fliessen lässt. (Vergl. C. Leiss: Optische Instrumente der Firma R. Fuess etc. Leipzig, Verlag von Wilh. Engelmann, 1899, S. 238 u. ff.)

Schon der Bunsen'sche Brenner erhält bei g eine Schlauchverbindung mit der Gasleitung, an der Schlauchgabel r werden die Schläuche zur Zuleitung, respective Ableitung von kalter Luft oder heissem Wasserdampf befestigt. Wie soll da eine bequeme Drehung des Objectes zwischen gekreuzten Nicols erfolgen? Bei dem in Rede stehenden Mikroskopstative ist wieder einmal der Grundsatz befolgt worden: „Kommt der Berg nicht zu Mohammed, so kommt Mohammed zum Berge!“ Kann das Object nicht wischen den gekreuzten Nicols gedreht werden, so werden beide Nicols ichzeitig in gekreuzter oder paralleler Stellung sozusagen um das stehende Object herumgedreht. Das erste derartige Modell war, wie schon ähnt, von dem englischen Mechaniker Swift ausgeführt worden.

---

[1]) C. Klein. Sitzungsber. der Akad. der Wissenschaften, 1890, S. 703—708.

[2]) Vergl. R. Fuess. Neues Jahrb. für Mineral. etc. Beilageband VII.

[3]) Die auf S. 370 u. ff. d. B. beschriebenen heizbaren Objecttische dienen ähnlichem cke, gestatten jedoch blos die Anwendung verhältnismässig niederer Temperaturen.

Ein Hauptgrund für die bisherige schwierigere Einführung von Mikroskopen mit der nach so manchen Seiten hin praktische Vortheile gewährenden Einrichtung der gleichzeitigen Nicoldrehung lag lediglich an einer Unvollkommenheit in der Zahnradübersetzung, deren Beseitigung darin bestand, den Spielraum (sogenannten todten Gang) in den Zähnen der Uebertragungsräder aufzuheben. Ohne Beseitigung dieser Unvollkommenheit standen der praktischen Verwendbarkeit der Nicoldrehung insofern Schwierigkeiten im Wege, als man gezwungen war, bei Messungen einen ganz bestimmten, durch den Zahneingriff der Räder gegebenen Winkelwert, welcher bis zu 2⁰ betragen konnte, stets reducirend in Rechnung zu ziehen, wenn ein Wechsel in der Drehung vorgenommen wurde.

Bei den Fuess'schen Modellen ist der bisherige Mangel gänzlich durch eine patentamtlich geschützte Einrichtung beseitigt; ferner führten die bei der Herstellung einer grösseren Anzahl derartiger Instrumente gemachten Erfahrungen zu Verbesserungen des Zahneingriffes der Räder, so dass nunmehr gegen die allgemeine Einführung von Mikroskopen mit gleichzeitig drehbaren Nicols kaum noch Bedenken erhoben werden können.

Der Preis eines solchen Mikroskopes, verglichen mit Modellen mit drehbarem Tische gleicher Ausrüstung, stellt sich nur um einen geringen Betrag höher; dagegen besitzt die neue Anordnung folgende Vortheile gegenüber der älteren Art des drehbaren Tisches, die wir zwar schon angedeutet haben, hier aber nochmals resumiren wollen:

1. Man braucht ein der Beobachtung und Messung zu unterziehendes Object nicht zu centriren, was besonders bei stärkeren Objectiven oft Schwierigkeiten bereitet. Ein mit der Kreuzungsstelle der Ocularfäden zusammenfallender Punkt verbleibt während der Nicoldrehung unveränderlich an seinem Orte.

2. Die Messung von Kantenwinkeln kann in bequemster Weise durch Drehen des mit den Nicols gleichzeitig rotirenden Fadenkreuzoculares geschehen, da ein zur Coincidenz mit dem Kreuzungspunkt der Fäden eingestellter Scheitelpunkt während der Drehung fest an seinem Orte verbleibt.

3. Bei Erhitzungsversuchen kann der Erhitzungsapparat, welcher gewöhnlich seiner grossen Dimensionen und Zuleitungen wegen eine Drehung mit dem Objecttische nur in sehr beschränktem Masse und unter erschwerenden Umständen zulässt, an seinem Orte auf dem festen Tische des Mikroskopes verbleiben. Das Gleiche gilt für Untersuchungen im Vacuum oder unter Druck.

4. Für die Untersuchung von Krystallen, welche unter möglichst allseitiger Bewegung in stark brechenden Flüssigkeiten untersucht werden sollen, kann dies nur in ausgiebigster Weise durch Drehen der Nicols an Stelle des Tisches geschehen.

Ueber diese Art der Untersuchung werden wir noch weiter unten sprechen. Wir wollen nur ein einziges dem Fuess'schen Modell VII a ähnliches einheimisches Mikroskop mit gleichzeitiger Drehung beider Nicols besprechen, wie solches, wie oben erwähnt, Carl Reichert in Wien construirt hat.

Fig. 338 zeigt das Reichert'sche Stativ II aa. Man sieht, dass das Charnier zum Umlegen oberhalb des Tisches angeordnet, ferner, dass der Tisch nicht drehbar eingerichtet ist und dass der Tubus des dritten Nicols entbehrt. Der Polarisator P ist mit einem Bertrand'schen Condensor verbunden (*Cond*). Bei Z sehen wir ein Zahnrad, welches auf ein grösseres am Umfange des Polarisators eingreift. Die Stange C vermittelt die Verbindung mit dem oberen Zahnrade Z, welches den Analysator dreht. Damit die Einstellung durch Mikrometerschraube und Zahn und Trieb in der gewöhnlichen Weise erfolgen könne, besteht die Stange C eigentlich aus zwei Theilen,

nämlich einer Hülse C und einer prismatischen, in ihr leicht verschiebbaren Stange C'. An dieser ist ein randerirter Griffknopf angebracht. Dreht man an diesem Knopfe, so drehen sich die Zahnräder Z oben und unten und drehen gleichzeitig den Analysator und Polarisator, der Tubus kann aber,



Fig. 338.

da sich ja die Stange C' in C verschiebt, ganz leicht eingestellt werden. Der Analysator trägt bei Th eine Kreistheilung mit Nonius n, bei b eine Fixirschraube zum Feststellen in bestimmter Lage und bei a ein Charnier durch das er sich, wenn man ohne Analysatornicol durch's Mikroskop sehen will, rasch zur Seite umklappen lässt. Bei g lässt sich ein Schieber mi

Quarzplatten etc. einschieben. Bei *Qu* ist im Tubus eine Bertrand'sche Linse einschiebbar angebracht, die auch bei Mikroskopen ohne analysirenden Nicol im Tubus gestattet, die Axenbilder (Interferenzbilder mit convergentem Licht) mit einem bestimmten Ocular, z. B. Ocular 2, deutlich zu sehen. Im parallelen Lichte kann ein feststehendes Object dennoch gründlich optisch analysirt werden, da man die beiden Nicols, hat man sie einmal durch Einstellen des Analysators und Fixiren desselben durch die Schraube *b* in eine bestimmte relative Lage zu einander, z. B. in gekreuzte, gebracht, in dieser Lage gleichzeitig in Drehung versetzen kann, was genau so wirkt, als ob das Object zwischen gekreuzten Nicols rotiren würde. Fuess hat, von dem Gedanken ausgehend, dass die Beobachtung mittelst Nicols im Tubus für gewöhnliche Untersuchungen, wie hier schon des Oefteren auseinandergesetzt wurde, in Folge des grösseren Gesichtsfeldes bedeutend bequemer ist, ein sehr vollkommenes Polarisationsmikroskop construirt, welches alle Vortheile eines ähnlich wie das in Fig. 327 dieses Leitfadens gebauten Instrumentes, also drehbaren und beweglichen Objecttisch, zwei Analysatoren u. s. w., mit jenen eines Instrumentes mit gleichzeitig drehbaren Nicols vereinigt (Modell VI, C. Leiss, Optische Instrumente etc. S. 199 und 200). Doch ist dieses Mikroskop derart complicirt und in Folge dessen entsprechend kostspielig, dass es selbst in Forscherkreisen keine grosse Verbreitung gefunden hat. Jedenfalls ist es ein Meisterstück optisch-mechanischer Präcisionsarbeit. Uns bleibt noch ein anderes von den gewöhnlichen Formen der modernen Polarisationsmikroskope abweichendes Mikroskopstativ zu besprechen übrig, welches ebenfalls aus der Fuess'schen Werkstätte in Steglitz bei Berlin hervorging und, wie schon oben erwähnt, dem bei gewissen Untersuchungen, die wir erst später besprechen werden und die zu jenen im convergenten Lichte oder, wie sie auch genannt zu werden pflegen, „Untersuchungen auf Axenaustritt" gehören, auftretenden Bedürfnisse nach thunlichster Ausnützung der numerischen Apertur des Condensors einerseits und des Objectives andererseits (freilich in anderer Weise, als wie wir oben bei Besprechung des Auflösungsvermögens der Objective auf S. 36, 104 u. ff. und 118 dieses Buches den Einfluss der numerischen Apertur auf die Güte des Mikroskopes kennen gelernt haben) Rechnung tragen soll.

Ueber dieses, seiner von den üblichen Mikroskopformen etwas abweichenden Gestalt wegen technisch ebenfalls interessante und dem Praktiker wegen seines civilen Preises (300 Mark sammt Nebenapparaten) jedenfalls zur Beachtung zu empfehlende Mikroskopstativ sei das von seinem Constructeur C. Leiss im „Neuen Jahrbuch für Mineral., Geol. und Paläontol.", Jahrg. 1897, Bd. II Gesagte im Folgenden wiedergegeben:

Der sich mehr und mehr geltend machende Mangel an optisch brauchbarem Kalkspath gebietet, so lange nicht ein anderes Ersatzmittel vorhanden ist, überall da, wo es möglich ist, das Nicol'sche Prisma durch eine aus einer Anzahl aufeinander liegender dünner Glasplatten hergestellte polarisirende Vorrichtung zu ersetzen. Nur für die Herstellung kleinerer analysirender Nicol'scher Prismen ist im Allgemeinen noch genügend Material vorhanden. Dagegen sind Polarisatoren für Instrumente, die zu Beobachtungen im convergenten Licht mit Condensor- und Objectivsystemen von hoher numerischer Apertur dienen sollen, jetzt nur mit grossen Kosten oder gar nicht zu beschaffen. Auch unter den schon im Gebrauch befindlichen Instrumenten erfüllen nur wenige die Bedingung, dass die freie Oeffnung des Polarisators den Aperturen aller Condensor- und Objectivsysteme entspricht.

Die vollkommene Auswerthung eines Condensorsystems von hoher numerischer Apertur bei möglichst grossem Focalabstand lässt sich ohne besonderen Kostenaufwand am einfachsten durch einen Glasplattensatz er-

reichen. An dem neuen Mikroskop III b (Fig. 339) ist der Glasplattensatz P wie bei den Nörremberg'schen Polarisationsinstrumenten der Firma Fuess in einen Messingrahmen gefasst und lässt sich mittelst des Drehzapfens g nach rückwärts neigen.[1])

Der Beleuchtungsapparat, ein grosses dreigliedriges Abbe'sches Condensorsystem von der numerischen Apertur 1·40, ist in eine Röhre gesetzt, deren Einschiebehülse mittelst der Charniereinrichtung *a*, *b*, *d* und des Griffhebels *h* gehoben und gesenkt werden kann. Die Frontlinse des Condensors besitzt einen Durchmesser von 11—12 *mm* und die unterste Linse einen solchen von 30 *mm*; bei den übrigen Fuess'schen Mikroskopen misst dagegen die Frontlinse des Condensors 6 *mm* und die unterste Linse circa 18 *mm*. Durch die Anwendung des grossen lichtstarken Condensors wird zunächst ein Theil des durch den Glasplattensatz entstehenden Lichtverlustes wieder aufgewogen; ferner erlauben die grösseren Dimensionen des Condensors dickere Platten im convergenten polarisirten Lichte untersuchen zu können, als dies an den übrigen Mikroskopen möglich ist.



Fig. 339.

Der Uebergang vom convergenten zum parallelen Lichte und umgekehrt kann auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen: 1. Durch Heben und Senken des Condensors, und 2. durch vollständige Ausschaltung des Beleuchtungslinsensystems aus dem Strahlengang. Letzterer Methode dürfte entschieden der Vorzug gebühren, denn die geradlinige Polarisation ist, nachdem die polarisirten Strahlen durch mehrere Linsen convergirend hindurchgegangen sind, nicht mehr so vollkommen wie in dem Falle, wo diese Strahlen unmittelbar in das Präparat eintreten. Die Ausschaltung des Condensors erfolgt während der Beobachtung und ohne jegliche Störung in einfachster Art dadurch, dass man den Condensor, nachdem man ihn mittelst des Hebels *h* bis zum Anschlag gesenkt hat, nebst seiner Einschiebehülse, ohne die Hand von *h* zu entfernen, um das Charnier *c* beiseite schlägt. Die axiale Lage des Condensors nach seiner Einschaltung bleibt sowohl durch Anschlag als auch durch den federnd einschnappenden Zahn *z* gesichert. In ausgeschalteter Lage kann der Condensor aus seiner Hülse herausgezogen und eventuell durch andere Beleuchtungsvorrichtungen ersetzt werden.

Der Tubus dieses neuen Mikroskopmodells entspricht dem der oben beschriebenen Mikroskope Fig. 326 und 327, nur sind diese Stative in der Regel mit grösseren Ocularen, die ein erweitertes Sehfeld dar-

[1]) In gleicher Weise wie *P* lässt sich auch der Beleuchtungsspiegel *Sp* um das Charnier heben und senken. Für die Beleuchtung mit gewöhnlichem Lichte ist dem Instrumente ein zweiter Spiegel beigegeben, der in den Rahmen des Glasplattensatzes (über diesem) eingelegt werden kann.

bieten, versehen. Auf Wunsch kann das Instrument auch mit einem Tubus versehen werden, bei welchem die bisher gebräuchlichen Oculare mit kleinerem Sehfeld angewendet werden.

Zur groben und feinen Einstellung des Tubus dienen die bekannten Einrichtungen.

Der drehbare Objecttisch von circa 10 *cm* Durchmesser ist in Grade eingetheilt und bestreicht einen Nonius, der die Ablesung von fünf Minuten gestattet.

Wir haben nun die wichtigsten Typen der continentalen Polarisationsmikroskope kennen gelernt. Insofern sie vom Praktiker für das Studium von Mineralien und Chemikalien (z. B. neu gefundener chemischer Präparate) verwendet werden, müssen sie ausser den bekannten Einrichtungen eines gewöhnlichen Mikroskopes noch Vorrichtungen besitzen, mittelst derer man aus der Bestimmung der Hauptschwingungsebenen, der Doppelbrechung, der Beobachtung und Messung der optischen Axen, der Messung der Kantenwinkel etc. auf die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Krystallsystem schliessen kann. C. Leiss fasst diese Vorrichtungen kurz wie folgt zusammen:

1. Eine Polarisationseinrichtung, bestehend aus wenigstens zwei Nicol'schen Prismen, dem Polarisator und einem Analysator.

2. Das zwischen den Nicol'schen Prismen eingeschaltete Object muss in seiner Ebene um die feststehenden, gekreuzten Nicols centrisch gedreht oder, was den gleichen Effect hervorruft, die Nicols in gegenseitig unveränderlicher Stellung (gekreuzt) um das feststehende Object gemeinsam bewegt werden (wie bei Fig. 338). In beiden Fällen muss man den Winkel, um welchen das Object, beziehungsweise die Nicols gedreht wurden, an einem Theilkreis ablesen können.

3. Die Oculare müssen mit Kreuzfäden ausgerüstet sein, deren Richtungen mit den Hauptschwingungsebenen der Nicols genau zusammenfallen.

4. Es muss, wenn in der Construction des Mikroskopes der Tisch drehbar angeordnet ist, dieser oder das Objectiv centrirbar eingerichtet sein, da sonst eine centrale Drehung irgend eines Punktes im Object, besonders unter Anwendung stärkerer Vergrösserungen, kaum erreichbar ist. Die Manipulation des Centrirens fällt dagegen fort, wenn beide Nicols gemeinsam und mit dem die Schwingungsrichtungen angebenden Fadenocular gedreht werden. Hiezu kommt noch ein für die Beobachtung der sogenannten Axenbilder („Axenaustritt", Interferenzbilder) nothwendiger Condensor. Wie wir später sehen werden, ist die Bertrand'sche Linse, die zur Vergrösserung dient, nicht unbedingt zur Beobachtung der sogenannten Axenbilder nothwendig.

Was die zahlreichen Hilfsmittel (Utensilien und Nebenapparate) zu den sogenannten mineralogischen Mikroskopen, die ja, wie schon erwähnt, auch zur Untersuchung von organisirten Naturkörpern stammender Objecte benützt werden, anbelangt, ist Folgendes zu bemerken: Seit Geheimer Rath Prof. Dr. H. Rosenbusch in Heidelberg seine classischen Werke: „Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigsten Mineralien", Stuttgart 1873[1]) und „Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine", Stuttgart 1877, erscheinen liess, wurden die Mikroskope von Mineralogen und Geologen als ständige Hilfsmittel ihrer Forschungen benützt und die physikalische Krystallographie immer weiter auch für die mikroskopisch kleinen Krystalle ausgebaut. Diese Fortschritte in der Wissenschaft liessen das Bedürfniss nach immer vollkommeneren Polarisationsmikroskopen entstehen und förderten die Erfindung und Verbreitung einer grossen Anzahl von Nebenapparaten und Utensilien, die meist Präcisionsinstrumente und daher nicht billig herzustellen sind. Da sie aber

[1]) Seither erschienen mehrere Auflagen.

Die wichtigsten Erscheinungen unter dem Polarisationsmikroskope und Ausnützung derselben zur optischen Analyse. Justirung der Polarisationsmikroskope. Die stauroskopischen Untersuchungen und deren Bedeutung für die Erkennung der Krystallsysteme.

Auf S. 435 und 436 d. B. haben wir schon von der abwechselnden Helligkeit und Dunkelheit des Gesichtsfeldes bei parallelen, respective gekreuzten Nicols gesprochen und auch das Aufleuchten der Stärkekörner zwischen den gekreuzten Nicols, sowie das merkwürdige Verhalten der Krystalle, welche keinem regulären Systeme angehören, wie z. B. von Candiszucker oder chlorsaurem Kali, wenn man sie zwischen gekreuzten Nicols dreht, hingewiesen. Es ist gewiss leicht verständlich, dass der Praktiker von solchen Thatsachen zur Bestimmung oder Analyse winziger Substanzmengen wird Gebrauch machen können. Hinsichtlich der Stärkekörner will ich gleich eine Nutzanwendung mittheilen. Die käufliche Presshefe ist mitunter mit Kartoffelstärke theils verunreinigt, theils absichtlich verfälscht. Nun sind allerdings Kartoffelstärkekörner unter dem Mikroskope ganz gewiss vom mikroskopirenden Praktiker von Hefezellen leicht zu unterscheiden,[1]) aber noch wesentlich erleichtert wird die Aufgabe, wenn man die betreffende Hefeprobe in einem Tröpfchen Glycerin zwischen die gekreuzten Nicols bringt und bei circa 300maliger Vergrösserung betrachtet. Da leuchten auch vereinzelte Stärkekörner im Gesichtsfelde auf und zeigen das charakteristische Kreuz, so dass selbst ganz schwache Verunreinigungen erkannt werden können. Hier sei gleich bemerkt, dass man sich zu derlei Beobachtungen des parallelen polarisirten Lichtes bedient, und da man hiebei den Condensor entweder ganz beseitigt oder tiefer stellt oder die oberen zwei Condensorlinsen entfernt (vergl. S. 435, 441, 443 und 446 d. B.), so wird die durch das Hindurchgehen durch die Polarisationsvorrichtung ohnehin geschwächte Beleuchtung der Objecte eine ziemlich matte, wenn man sich nicht sehr starker Lichtquellen bedient.

Während sonst in der Mikroskopie allzu grelle Lichtquellen gerne vermieden werden, muss man sie hier insbesondere dann heranziehen, wenn es sich um dickere und dunklere Objecte handelt. Bei Durchmusterung gewisser dichter Mineraldünnschliffe (vergl. über deren Herstellung S. 236 und 237 d. B.) wird sogar ausnahmsweise durch den Planspiegel des Mikroskopes directes Sonnenlicht aufgefangen und durch Polarisator, Dünnschliff (Object) und Analysator in's Auge geleitet werden dürfen, ohne dass letzteres merklich geblendet wird.

Zur ersten Einübung in der optischen Analyse bedient man sich jedoch nicht derartiger dichter Dünnschliffe, sondern möglichst durchsichtiger, aber auch hier erleichtert gute Beleuchtung sehr die Arbeit. Auch ganze Krystalle können direct beobachtet werden, besonders wenn man sie in ein ihrem Lichtbrechungsvermögen thunlichst nahekommendes Medium einbettet. Dies kann hier nicht nur durch Anfertigung eines gewöhnlichen mikroskopischen Präparates (Objectträger, auf diesem der Krystall, eingebettet in dem lichtbrechenden Medium, und darüber das Deckglas), sondern auch in der Weise geschehen, dass man auf einer Glasplatte einen ziemlich hohen ringförmigen Wall aus plastischer Masse (z. B. Gyps) anbringt, durch den Wall ein rundes Zündhölzchen steckt und an das über der Glasplatte und der Objecttischöffnung herausstehende Ende des Zündhölzchens mittelst Wachs, Syndetikon oder dergl. das zu untersuchende Kryställchen anklebt und nun den

[1]) Besonders unter Zuhilfenahme von Jodlösung; vergl. S. 241 d. B.

Gypsring mit einer entsprechend lichtbrechenden Flüssigkeit füllt, welche das erwähnte Klebemittel nicht lösen darf. Natürlich muss der Krystall in die optische Axe des Mikroskopes gerückt werden. Man kann dann den Krystall nicht nur in der optischen Axe des Mikroskopes (auf dem drehbaren Objecttisch), sondern mittelst des Zündhölzchens auch noch in einer auf die optische Axe senkrechten Richtung umdrehen, was für viele Untersuchungen von Wichtigkeit ist. Auch Dünnschliffe können natürlich in gleicher Weise untersucht werden. Schröder van Kolk hat die Ablenkung und Totalreflexion der Strahlen in den zu untersuchenden Krystallen oder Krystallbruchstücken, ja auch Dünnschliffen, anstatt durch Einbettung in eine Flüssigkeit, durch Einlegen zwischen zwei planconvexe Linsen von hohem Brechungsindex (z. B. 1·78 für gelbes Licht) — eine grössere, in die Oeffnung des Objecttisches passende als Grundlinse und eine kleinere von etwa 8 *mm* Durchmesser als Decklinse — behoben und das Ganze in der Objecttischöffnung durch blosse Drehung mit Reibung in alle Lagen zu bringen und auch festzuhalten ermöglicht. Auch eine einzige halbkugelige Linse im Objecttischloche mit eingeschliffener Vertiefung an der planen Seite zur Aufnahme kleiner Objecte z. B. Edelsteine, die in eine ihrem Brechungsindex entsprechende Flüssigkeit kommen, kann gute Dienste leisten. Beide geschilderten einfachen Behelfe wurden äusserst verfeinert, z. B. mit Theilkreisen in allen Richtungen versehen, und erreichte die Trogdrehvorrichtung in C. Klein's „Universaldrehapparat“ und die Linsendrehvorrichtung in Fedorow's „Universaltisch“ eine hohe Vollkommenheit. Solche Apparate gestatten nicht nur die Aufsuchung der optischen Axen, sondern auch die Messung des inneren Axenwinkels. Der mikroskopirende Praktiker wird diese, in C. Leiss' „Optische Instrumente“ ausführlich, in allen Abänderungen beschriebenen kostspieligen Apparate, wenn er sich nicht gerade speciell auf mineralogisch-petrographische Untersuchungen verlegen muss, entbehren können und insbesondere vielfach mit der oben geschilderten Gypstrogdrehvorrichtung das Auslangen finden. Als Füllflüssigkeiten[1]) kann man Glycerin, Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff (n = 1·6274 bei 20° C.), Monobromnaphthalin (n = 1·64948 bei 20° C.), Methylenjodid (n = 1·7414 bei 20° C.) oder gar Bariumquecksilberjodid (n = 1·78 [auf S. 427 nicht angeführt]) benützen, wobei man schon je nach dem Verschwinden der Contouren des betreffenden Objectes bei Einfüllung einer Flüssigkeit auch auf den Brechungsindex schliessen kann, denn der Krystall wird fast unsichtbar, wenn er farblos, und verliert die scharfen Contouren, wenn er gefärbt ist, sobald er in jenes Medium eingebettet wird, dessen Brechungsindex seinem eigenen nahekommt. Man hat schon hierin ein optisch-analytisches Moment zur Erleichterung der Bestimmung eines Krystalles, dass man dessen Brechungsindex nahezu kennen lernt. Im monochromatischen Lichte (einfärbiges Licht, hergestellt durch gefärbte Glasplatten oder durch eine Natriumflamme, vergl. S. 432) ist die Beobachtung des Verschwindens noch leichter. Kaliumquecksilberjodid in Wasser, sogenannte Thoulet'sche Lösung, eignet sich sehr gut als Indicator zur annähernden Bestimmung des Brechungsindex, beziehungsweise auch als Beobachtungsflüssigkeit für den Drehtrog, da sie sich je nach Verdünnung mit n = 1·33 — n = 1·73 herstellen lässt. Die Tabelle hiezu siehe Dr. Weinschenk's „Anleitung“ S. 29. Hat man z. B. einen Krystall, sei es als Dünnschliff oder als Trogpräparat, zur Beobachtung hergerichtet und dreht ihn zwischen gekreuzten Nicols in der optischen Axe des Mikroskopes, so wird er, falls er doppelbrechend (anisotrop) ist, während man ihn dreht, bald hell, bald dunkel erscheinen. Schon aus diesem

[1]) Vergl. oben S. 427 d. B.

Verhalten lässt sich also auf Doppelbrechung schliessen. Da aber optischisotrope Krystalle in der Regel[1]) keine Doppelbrechung zeigen, so ist mit der Erkenntniss, dass Doppelbrechung vorliegt, schon ein Anhaltspunkt zur Constatirung des Krystallsystems insofern gegeben, als, wie wir schon auf S. 436 d. B. erwähnt haben, nicht regulär krystallisirende Substanzen die Erscheinungen der Doppelbrechung aufweisen, so dass wir im Allgemeinen sagen können: Ein Krystall, der während der Drehung zwischen gekreuzten Nicols seine Helligkeit oder Farbe wechselt, gehört nicht dem regulären, sondern dem hexagonalen, quadratischen, rhombischen, monoklinen oder triklinen Krystallsystem an.

Um zu erkennen, welchem der irregulären Krystallsysteme ein anisotrop sich zeigender Krystall angehört, muss man die Auslöschungsrichtungen ihrer Lage nach im parallelen polarisirten Lichte zu bestimmen suchen. In Fig. 340 zeigt *A B C D* das Fadenkreuz des Polarisationsmikroskopes und mitten im Gesichtsfelde einen plattenförmigen Krystall. Da herrscht nun das optische Gesetz, dass diese doppelbrechende Platte dunkel („ausgelöscht") erscheint, wenn zwischen den gekreuzten Nicols ihre Schwingungsrichtungen *RR* und *SS* mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen. Nun sollen bei einem gut justirten Polarisationsmikroskop die Hauptschnitte der Nicols mit den Armen des Fadenkreuzes *A B C D* zusammenfallen. Ist dies der Fall,

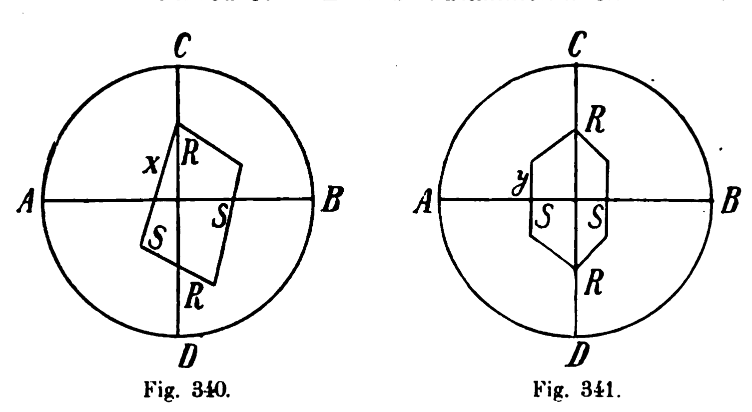


Fig. 340. Fig. 341.

so zeichnen sozusagen, wie sich Rinne so treffend ausdrückt, die Arme des Fadenkreuzes unmittelbar die Lage der Schwingungsrichtungen in die Platte hinein. In Fig. 340 liegen diese Schwingungsrichtungen schief zur Kante *x* des zu untersuchenden Krystalles. Man sagt dann, der betreffende Krystall löscht schief aus, was sich natürlich auf die Kante *x* bezieht. Fig. 341 zeigt einen anderen plattenförmigen Krystall, bei welchem die eine Schwingungsrichtung parallel zu der langen Kante *y* geht. Die zweite Schwingungsrichtung steht auf *y* senkrecht. Man sagt im Falle der Fig. 341: Die Auslöschung erfolgt parallel und senkrecht zu *y*.[2]) Auch hier sollen die Arme des Fadenkreuzes parallel zu den Auslöschungsrichtungen gehen, welche also selbst ein Kreuz, das ist das sogenannte „Auslöschungskreuz" bilden. Umgekehrt kann man, wenn man eine Krystallplatte hat, von der man weiss, dass sie

[1]) Doppelbrechung, die durch Spannungen entsteht, welche durch Druck oder rasche Abkühlung hervorgerufen werden, findet sich auch bei amorphen Körpern, z. B. rasch gekühlten Gläsern, Gelatinestreifen, die einem Druck oder Zug unterliegen u. s. w., aber auch in regulären Krystallen, die nach dem Naturgesetz optisch isotrop, einfachbrechend sein sollten, finden sich Erscheinungen von Doppelbrechung, besonders um Einschlüsse herum, „Optische Anomalien", vergl. Weinschenk S. 107, Rinne S. 69, Capitel 38.

[2]) Vergl. Prof. Dr. E. Rinne, „Das Mikroskop im chemischen Laboratorium", Hannover 1900, S. 45 u. ff.

richtungen in beiden Nicols, wie wir schon hervorgehoben haben, mit den Fadenkreuzarmen zusammenfallen. Wenn möglich, sollte der Nonius der Tischtheilung derart angebracht sein, dass, wenn er auf 0, 90, 180 oder 270° der Theilung zeigt, ein durch 0, 90, 180 und 270° auf dem drehbaren Objecttische gezogenes Kreuz mit dem Fadenkreuze zusammenfällt. Dies ist wohl nicht oft der Fall, oft ist der Nonius gegen das Kreuz um 45° seitlich gestellt, was übrigens der Genauigkeit der Messungen keinen Eintrag thut. Jedenfalls sollte das Fadenkreuz symmetrisch zum Mikroskope orientirt sein, natürlich kann dies nur bei Mikroskopen, bei denen sich nicht, wie bei dem in Fig. 338 d. B. abgebildeten Instrumente, das Fadenkreuz zusammen mit den beiden Nicols dreht, verlangt werden, also allerdings bei den weitaus verbreitetsten. Symmetrisch orientirt ist ein Fadenkreuz dann, wenn ein Arm desselben senkrecht auf eine beide Schultern des gerade vor dem Mikroskope sitzenden und durch dasselbe blickenden Beobachters verbindende Linie zulauft und der andere Arm parallel mit der gedachten Verbindungslinie geht. Ist dies nicht der Fall, so lässt sich durch Lockern, entsprechendes Verschieben und Wiederfeststellen der am Fadenkreuzoculare angebrachten Schraube, welche in die Einkerbung des Tubus einfällt, nachhelfen. Bei den Fadenkreuzocularen der Fuess'schen Werkstätte geschieht diese Correctur durch einen sogenannten Rohrschlüssel, dessen Zacken in die Kerben der die Fadenkreuze tragenden Diaphragmen einsetzen (C. Leiss, S. 208). Hat man das Fadenkreuz justirt oder bei Prüfung der Justirung desselben es in Ordnung befunden, so kann man zur Justirung des Nicols übergehen. Zuerst justirt man, falls das Mikroskop ein solches besitzt, das auf das Ocular aufsetzbare Nicol zusammen mit dem Polarisator. Zu diesem Behufe stellt man die Kreistheilung des Analysators genau auf 90°, dreht nun den Polarisator, bis das Gesichtsfeld dunkel erscheint, und bringt ein passendes Object mit gerader Auslöschung, z. B. ein in Canadabalsam eingebettetes Spaltblättchen von Anhydrit (Fig. 341) oder einen langen, 0·1—0·15 *mm* dicken Quarzkrystall (Weinschenk, S. 24), der ebenfalls in Canadabalsam eingelegt sein soll, auf den Objecttisch und bringt nun, was nicht so leicht ist, wie es scheint, eine Kante des Krystalls, z. B. *y* in Fig. 341, in eine mit einem der beiden Fadenkreuzarme parallele, respective nach genauer Centrirung des Objecttisches mit dem einen oder dem anderen Fadenkreuzarme zusammenfallende Stellung. Die Erwägung ist nun folgende: Krystalle mit gerader Auslöschung erscheinen dunkel, wenn eine ihrer Schwingungsrichtungen mit jener der Nicols sich deckt. Das Fadenkreuz soll die Schwingungsrichtungen der gekreuzten Nicols angeben. Der Krystall ist mit dem einen oder anderen Arm des Fadenkreuzes parallel und erscheint nur dann ausgelöscht, das heisst dunkel, wenn seine Schwingungsrichtung mit jener des einen oder anderen Nicols sich deckt, folglich werden dann die Nicols richtig stehen, wenn der zu einem oder anderem Arm des Fadenkreuzes parallele Krystall bei Drehung des anderen (nicht des auf seine richtige Lage zu untersuchenden Nicols) unsichtbar bleibt.

Bei der Justirungsprüfung, respective Justirung geht man demnach nach C. Leiss (S. 209) vor wie folgt: Man stellt die Kante *y* (Fig. 341) zwischen annähernd gekreuzten Nicols genau parallel zu einem Arm des Fadenkreuzes und dreht den Polarisator, bis der Krystall unsichtbar ist. Hierauf dreht man den Aufsatzanalysator und prüft, ob nicht in irgend einer Stellung der Krystall wieder sichtbar wird. Ist dies der Fall, so muss durch eine geringe Drehung des Polarisators der gleichmässige Ton des Sehfeldes wieder hergestellt werden. Diese Correcturen müssen so lange fortgesetzt werden, bis bei einer vollen Umdrehung des Analysators der Krystall völlig unsichtbar bleibt. Zur Justirung des Analysators (falls ein solcher vorhanden ist, auch jenes im

Wir haben aber schon oben S. 439 erwähnt, dass zu den stauroskopischen Untersuchungen der auf das Ocular aufsetzbare Analysator bestimmt ist. Die einfache Einstellung auf Dunkelheit reicht nämlich für feinere Bestimmungen nicht aus. Bei farblosen Mineralien bewährt es sich nach Weinschenk (Anleitung S. 62) besonders, wenn man zuerst zwischen gekreuzten Nicols die Auslöschungsrichtung genau sucht und nun, während man den Analysator dreht, beobachtet, ob gleichmässig mit der Aufhellung des ganzen Gesichtsfeldes auch der Krystall allmälig heller wird und ob er in jeder Stellung der beiden Nicols zu einander genau denselben Ton aufweist, wie das umgebende Gesichtsfeld. Erst wenn dies erreicht ist, ist die Einstellung auf Dunkelheit eine vollkommene. Da nur der auf das Ocular aufsetzbare oder im Ocular angebrachte Analysator eine ganze Umdrehung zulässt, so ist es klar, dass man bei feineren stauroskopischen Untersuchungen auf die Benützung des ein grosses Gesichtsfeld gewährenden Innen-Nicols, falls ein solcher an dem benützten Instrumente vorhanden ist, also eventuell auch auf die Anwendung des von mir construirten und in Fig. 335 d. B. abgebildeten Hilfstubus wird verzichten müssen. Auf die eigentlichen „Stauroskope", das sind verschiedene Hilfsmittel, um die feinste Einstellung der Schwingungsrichtungen zu ermöglichen, können wir hier noch nicht eingehen, da das Verständniss derselben zum Theil die Kenntniss der Interferenzfarbenerscheinungen, sowie der im polarisirten Lichte unter Umständen auftretenden Axenbilder voraussetzt.

Wir werden deshalb am Schlusse der Besprechung der Polarisationserscheinungen unter dem Mikroskope noch einmal auf die Stauroskope zurückkommen, obgleich sie eigentlich nur zu Specialarbeiten gebraucht zu werden pflegen und die gewöhnliche Untersuchung und Deutung der „Auslöschung" allein ein gutes Hilfsmittel für den Praktiker bildet, unter dem Polarisationsmikroskope Mineralien und Chemikalien zu bestimmen. Dr. Kalkowský in Jena hat in der citirten Abhandlung „Die Anwendung des Mikroskopes in der Mineralogie und Geologie" ein für den Praktiker sehr schätzenswerthes Schema zusammengestellt, wie man aus dem Verhalten von Krystallen oder Theilen von solchen zwischen gekreuzten Nicols bei Drehung des Präparates auf das Krystallsystem schliessen kann:

1. Alle Schnitte sind zwischen gekreuzten Nicols bei der Drehung des Präparates stets dunkel, dann ist die betreffende Substanz amorph oder regulär.

2. Einige Schnitte sind zwischen gekreuzten Nicols bei der Drehung des Präparates stets dunkel, einige Schnitte sind stets hell, die meisten zeigen einen Wechsel von hell und dunkel, dann ist die Substanz:

a) rhombisch, wenn in allen Schnitten die Auslöschungsrichtungen parallel sind den krystallographischen Axen;

b) monoklin, wenn in einigen Schnitten (nämlich denen senkrecht gegen die Symmetrieebene) die Auslöschungsrichtungen parallel sind den krystallographischen Axen, in anderen nicht;

c) triklin, wenn in keinem Schnitte die Auslöschungsrichtungen parallel sind den krystallographischen Axen.

Besonders wichtig wird die Bestimmung der Auslöschungsrichtungen zur Erkennung von auch noch so verborgenen Verzwillingungen von Krystallen. Dr. E. Kalkowský führt in der citirten Abhandlung als Beispiel einen polysynthetisch verzwillingten Plagioklas[1]) an, der senkrecht gegen die Zwillingsebene durchschnitten, alle Lamellen, die sich zu einander in paralleler

[1]) Trikliner Feldspath, chemische Zusammensetzung $Na_2(Al_2)Si_6O_{16}$, also ein Gemenge von Natron, Thonerde und Kieselsäure, bisweilen Kalkerde, so wie der mit ihm verwandte Anorthit, $Ca(Al_2)Si_2O_8$, enthaltend.

beschränkten Raum nicht am Platze sein. Wer sich hiefür interessirt, findet eine sehr verständlich geschriebene mathematische Darlegung hierüber in „Das Mikroskop“. Ein Leitfaden der wissenschaftlichen Mikroskopie von Dr. A. Zimmermann, Leipzig und Wien bei Franz Deuticke, 1895, S. 165 u. ff. Eine noch populärere, auf geometrischen Erwägungen beruhende Darstellung der einschlägigen Materie findet sich in Dr. H. Ambronn's „Anleitung zur Benützung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen“, Leipzig, J. H. Robolský, 1892.

Die erwähnten Farbenerscheinungen beruhen auf der Interferenz und sind es sogenannte entoptische Farben, die sich dem Auge im polarisirten Lichte darbieten, ähnlich wie die Farben dünner Blättchen (Seifenblasen, Newton'sche Ringe, Perlmutter, Oxydfarben der Metalle u. s. w.) im gewöhnlichen weissen Lichte. Die doppelbrechende dünne Krystallplatte spaltet jeden durch den Polarisator hindurch in sie eintretenden Lichtstrahl in zwei Strahlen von verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Beide Strahlen sind geradlinig polarisirt und ihre Polarisationsebenen stehen senkrecht zu einander. Man muss festhalten, dass diese zwei Strahlen aus einem einzigen polarisirten Lichtstrahle durch die Doppelbrechung in der Krystallplatte entstanden sind und mit verschiedener Geschwindigkeit schwingen. Beim Heraustreten aus dem dünnen Krystalle ist daher der eine Strahl gegen den anderen um etwas verzögert (Phasendifferenz). Diese Verzögerungsgrösse wird durch die Stärke (Grad) der Doppelbrechung und die Dicke der Krystallplatte gegeben; die Resultirende aus der Stärke der Doppelbrechung und der Dicke des „verzögernden Plättchens“ ergibt eben den Gangunterschied der beiden Strahlen, je länger der Weg in der Platte war, je dicker sie gewesen ist, desto grösser ist der Gangunterschied. Wendet man verschiedene einfärbige Lichtsorten einzeln an (monochromatisches Licht), so ist, da, wie aus der Optik bekannt ist, jede Farbe eine verschiedene Brechbarkeit hat, auch der Gangunterschied für jede Farbe verschieden gross. Der Analysator führt die zwei senkrecht zu einander polarisirten Strahlen auf ein und dieselbe Polarisationsebene zurück und sowie dies geschieht, interferiren die gegen einander verzögerten Strahlen miteinander, die Wellen der Lichtätherschwingungen treffen auf einander.

Wir müssen uns zunächst über das Wesen der merkwürdigen Erscheinung, die bei der Interferenz des Lichtes (auch des Schalles und anderer Wellenbewegungen) eintritt, dass nämlich Verstärkung, aber auch Vernichtung, also beim Zusammentreffen von Licht mit Licht sogar Dunkelheit eintreten kann, klar werden und nehmen der Einfachheit wegen an, dass die Fortpflanzung des interferirenden Lichtes im selben Sinne erfolgt, das heisst, dass die beiden Lichtstrahlen, vulgär gesprochen, nach derselben Seite hin gehen, aber einen Gangunterschied aufweisen, und dass wir es mit einfarbigem Lichte zu thun haben. Trifft gerade ein Wellenberg mit einem Wellenthal zusammen, so muss sich die Bewegung der betreffenden schwingenden Aethertheilchen aufheben, falls beide dieselbe Bewegungsgrösse (gemessen durch den grössten Weg von der Ruhelage nach oben oder unten gerechnet, den das schwingende Aethertheilchen zurücklegt, „Amplitude“) und dieselbe Fortpflanzungsrichtung haben. Ein Wellenberg und ein Wellenthal treffen aber vollständig zusammen, wenn die beiden Wellenbewegungen eine Phasendifferenz von einer halben Wellenlänge haben; in diesem Falle tritt eben Vernichtung ein. Wellenberg mit Wellenberg und Wellenthal mit Wellenthal müssen sich beim Zusammentreffen verstärken; dieses Zusammentreffen tritt am vollständigsten ein, wenn die beiden Strahlen, die dieselbe Richtung haben, keinen Gangunterschied aufweisen. In allen Zwischenlagen, wo Wellenberg und Wellenthal, wenn auch nicht vollständig, zu-

geometrisch dargestellt, das Wellenthal nichts Anderes als einen (negativen) Wellenberg bedeutet.

Bei Phasendifferenzen von Bruchtheilen einer Wellenlänge werden Wellenberg und Wellenthal entgegengesetzter Phase nur theilweise zusammentreffen, es wird also blos eine theilweise Vernichtung der Wellenbewegungen auftreten und die Stellen des Keiles, an denen die Dicke derart ist, dass die Phasendifferenz keine ganzen, sondern Bruchtheile von Wellenlängen beträgt, werden hell erscheinen, also wenn wir gelbes Natriumlicht genommen haben, werden am Gypskeile gelbe und dunkle Streifen parallel zur Schneide des Keiles auftreten, welche, da ja an jenen Stellen, wo die Dicke eine Phasendifferenz von ganzen Wellenlängen bewirkt, Dunkelheit eintritt, in Abständen von einander liegen, die einer Phasendifferenz von 1 λ entsprechen. Da aber, wie die Optik lehrt, die Wellenlängen der verschiedenen Farben verschieden sind, so müssen, so wie wir z. B. Licht von kürzerer Wellenlänge anwenden, die Streifen zusammenrücken. In monochromatischem blauen Lichte werden die Streifen näher liegen als im gelben, da blaues Licht etwa 0·450 μ (Tausendstel Millimeter), gelbes 0·589 μ Wellenlänge hat. Für rothes Licht, welches circa 0·670 μ Wellenlänge besitzt, sind die Abstände der dunklen Streifen natürlich grösser als für gelbes Licht. Nehmen wir zu dem Versuche aber nicht monochromatisches, sondern etwa Sonnenlicht oder das Licht einer Auerlampe, so wird, da das weisse Licht dieser Lichtquellen aus Lichtarten von sehr verschiedener Wellenlänge λ zusammengesetzt ist, bei einer bestimmten Dicke des Krystalles, welcher einer bestimmten Verzögerung des einen Strahles gegen den anderen entspricht, die Phasendifferenz für die Schwingungen der verschiedenen Farben verschieden sein. Bei einer Farbe, z. B. violett, kann gerade Vernichtung, für eine andere, z. B. roth, eine Addition, also Verstärkung resultiren. Bei verschiedener Dicke der Platte, die verschiedene Phasendifferenz bewirkt, fallen natürlich immer andere Farben aus, die übrigbleibenden Farben geben zusammen eine Mischfarbe, welche also bei gleicher Doppelbrechung von der Dicke des Plättchens abhängig ist und den sogenannten „Polarisationston“ des Gesichtsfeldes bewirkt, wenn das Plättchen das ganze Gesichtsfeld ausfüllt. An dem Gypskeile werden also in weissem Lichte bei parallelen Nicols gewisse Farben an Stelle der abwechselnden hellen und dunklen Streifen treten, bei gekreuzten die Complementärfarben zu den bei parallelen Nicols auftretenden Farben. Vergleichen wir diese am Gipskeil auftretenden Farben mit denjenigen an den Newton'schen Ringen, so werden die bei parallelen Nicols erscheinenden Farben jenen entsprechen, die die Newton-schen Farbenringe bei durchfallendem Lichte, also in der Durchsicht aufweisen, die bei gekreuzten Nicols auftretenden Farben dagegen jenen, die bei auffallendem (reflectirtem) Lichte an den Newton'schen Farbenringen zu sehen sind.

Diese Polarisationsfarben hängen natürlich auch von dem Grade der Doppelbrechung des Plättchens ab, da ja die Spaltung des einen polarisirten Strahles in zwei gegen einander verzögerte Strahlen durch die doppelbrechende Kraft des Plättchens bewirkt wird. Da nun zwischen dem gekreuzten Polarisator und Analysator im letzteren eine Umkehrung der Schwingungsphase erfolgt, wie wir oben gesehen haben, so müssen bei Anwendung weissen Lichtes diejenigen Farbentöne besonders deutlich zur Erscheinung kommen, für welche die Verzögerung (Phasendifferenz) $\lambda/2$ oder einem ungeraden Vielfachen von $\lambda/2$ entspricht, da dann keine entgegengesetzte Phasendifferenz von ganzen Wellenlängen vorhanden ist, also keine Vernichtung, sondern Verstärkung eintritt. Kennt man also die auftretende Interferenzfarbe, so kann man bei bekannter Dicke, die sich ja messen lässt, den Grad der

Doppelbrechung der Krystallplatte bestimmen, was natürlich für den Praktiker sehr wichtig werden kann, da bei der optischen Analyse auch die Stärke der Doppelbrechung eine charakteristische Eigenschaft gewisser Substanzen (Kalkspath, Natronsalpeter etc.) ist.

Deshalb muss man sich diese Farbentöne einprägen und man benützt hiezu am einfachsten die Anschauung, die ein Gypskeil, der 45° zu den Schwingungsebenen des Polarisators und Analysators orientirt ist, das heisst derartig auf den Objecttisch aufgelegt wird, dass die Schwingungsebene der Gypsplatte mit den Armen des justirten Fadenkreuzes einen Winkel von 45° bilden, darbietet. Man erkennt die richtige Orientirung schon daran, dass die Lebhaftigkeit der beim Drehen des Gypskeiles sich nicht im Farbentone, sondern blos in der Intensität ändernden Farben bei einer Lage von 45° am grössten wird. Prof. Rollet in Graz hat die Newton'sche Farbenscala, die bekanntlich von Schwarz anfangend in sechs Ordnungen, von denen jede mit einer Nuance von Roth abschliesst, bis zu Weiss aufsteigt, richtiggestellt. Die Newton'sche Scala wird meist mit Zahlen versehen, die jeder Farbe beigesetzt sind und diejenige Luftdicke in $\mu\mu$, das ist in Milliontheilen von Millimetern, angeben, bei welcher der betreffende Farbenton sich im bekannten Newton'schen Apparate zwischen der ebenen Glasplatte und der convexen Glasplatte, zwischen denen die Luftschicht, die die Interferenz erzeugt, eingeschlossen ist, zeigt, so von Prof. Valentin in seinem von uns schon genannten Buche „Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe" etc. Für den Mikroskopiker hat natürlich die Angabe der Dicke eines Gypsplättchens, das die betreffende Farbe gibt, wie sie Rollet seiner Farbenscala beisetzte, mehr Werth, da, wie wir sehen werden, meistens solche verzögernde Gypsplättchen als Nebenapparate zum Polarisationsmikroskope in der optischen Analyse benützt werden. Auch die Benennung der Farben ist von Rollet ewas geändert worden; so nennt z. B. Rollet die von Valentin als „eisengrau" bezeichnete zweite Farbe der I. Ordnung „dunkellavendelgrau", die dritte Farbe, welche Valentin „lavendelgrau" nannte, bezeichnet Rollet als „heller lavendelgrau" und die vierte Farbe der I. Ordnung, die bei Valentin „graublau" genannt wird, heisst bei Rollet „sehr hell lavendelgrau". Bekanntlich ist ja die Empfindlichkeit für und die Auffassung der Farbentöne bei verschiedenen Menschen verschieden, kann aber, wenn nicht ein Fall von Farbenblindheit vorliegt, durch Uebung ausserordentlich gesteigert werden. So sollen die italienischen Mosaikkünstler in ihrem sogenannten „Stiftkasten" über 30.000 verschiedene Farbentöne verfügen![1])

Im Nachstehenden sei die Rollet'sche Tabelle der Newton'schen Farben, die durch Interferenz zwischen gekreuztem Analysator und Polarisator entstehen, wiedergegeben.

Ordnung	Dicke des angewendeten Gypsplättchens in *mm*	Farbe
I	0·020	dunkellavendelgrau
	0·022	heller lavendelgrau
	0·024	sehr hell lavendelgrau
	0·025	bläulichweiss
	0·027	grünlichweiss
	0·029	gelblichweiss
	0·030	blass strohgelb
	0·040	braungelb
	0·048	orange
	0·051	roth

Dr. W. F. A. Zimmermann's Populäres Handbuch der Physik, Berlin, Gustav Hempel 1857, S. 443.

Ordnung	Dicke des angewendeten Gypsplättchens in mm	Farbe
II	0·053	purpur
	0·056	violett
	0·059	indigo
	0·065	himmelblau
	0·070	heller himmelblau
	0·076	sehr hell blaugrün
	0·080	hellgrün
	0·085	gelbgrün
	0·090	gelb
	0·096	hell orange
	0·100	roth
III	0·110	purpurviolett
	0·120	blau
	0·130	grün (Meergrün)
	0·140	gelb (Blaugelbgrün)
	0·150	roth
IV	0·16—0·20	purpur, graublau, meergrün
	0·20—0·24	graugrün, grauroth
V	0·25—0·29	matt blaugrün, matt fleischroth
VI	0·30	matt blaugrün.

Dr. H. Ambronn (in seiner „Anleitung etc.“) verzeichnet in der IV., V. u. VI. Ordnung mehr und etwas andere Farben als Rollet, er gibt für die IV. Ordnung: hellviolett, bläulichgrün, grün, hellgrün, gelb, hellgelbroth, hellroth, für die V. Ordnung: hellblau, hellgrün, weisslich, hellroth, für die VI. Ordnung: hellblau, hellgrün, weisslich, hellroth.

Dr. Weinschenk in seiner schon citirten „Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskopes“ gibt eine Tabelle für zwei Ordnungen der Interferenzfarben, wobei er bei jeder Farbe die Verzögerung in Millionstel Millimetern beisetzt, durch welche sie entsteht (grau hat z. B. in der I. Ordnung eine Verzögerung von 50 $\mu\mu$ (Millionstel Millimeter) zu seiner Entstehung nothwendig, violett I (I. Ordnung) 575 $\mu\mu$. Dieses Violett hat also eine Phasendifferenz, die nahezu die Wellenlänge für gelb erreicht (589 $\mu\mu$). Das Gelb wird daher vernichtet. Dieses Violett heisst man auch teinte sensible, empfindliche Farbe, weil diese Interferenzfarbe eine Uebergangsfarbe ist, die schon durch die kleinsten Aenderungen der Verzögerung beeinflusst wird; sie ändert sich, wenn die Verzögerung geringer wird, in purpur, wenn sie grösser wird, in indigo. Dr. Weinschenk rechnet daher die Ordnungen von einem Violett zum anderen, statt von roth zu roth (S. 68 in Dr. Weinschenk's Anleitung). Bei Rollet gehört violett (teinte sensible) mit purpur schon in die II. Ordnung, sowie bei Valentin. Es müsste also nach Rollet, Valentin u. a., insbesondere auch Rosenbusch das empfindliche Violett „violett II“ heissen. Valentin bezeichnet in seiner Tabelle das helle Blauviolett, womit seine III. Ordnung anfängt, als „Uebergangsfarbe“. Der Praktiker wird also aus dieser vergleichenden Darstellung ersehen, dass auf diesem Gebiete keine zu grosse Uebereinstimmung herrscht, denn was der eine Gelehrte als violett I bezeichnet, muss der andere als violett II bezeichnen, denn man ist übereingekommen, bei Interferenzfarben durch Beisetzung der römischen Ziffer die Ordnung zu bezeichnen. Schon Valentin hat auf die

steht, also entgegengesetzt oder rechtwinkelig zum anderen polarisirt ist. Aus dieser theoretischen Erwägung wird es erklärlich, dass wir, wenn wir ein solches „$^1/_4$ Glimmerplättchen" auf dem Objecttische aus der Lage von + 45° herumdrehen, nacheinander die verschiedensten polarisirten Lichtstrahlen erhalten, indem gewissermassen der Kreis zur Ellipse und dann diese zur Linie gestreckt wird. Diese geometrischen Linien sollen aber nichts anderes als die Bewegungsbahnen der nach der Undulationshypothese schwingend gedachten Aethertheilchen vorstellen. Man denkt sich dabei durch die lichterregende Kraft ein bestimmtes Aethertheilchen aus der unendlich grossen Schaar derselben herausgesucht und hinsichtlich dessen Bewegung nach mechanischen Grundsätzen, also z. B. den Gesetzen des Kräfteparallelogramms beurtheilt.

Kehren wir zu unserem Plättchen (sei es aus Gyps, Glimmer oder anderem anisotropem Material) zwischen gekreuztem Polarisator und Analysator zurück. Jeder Lichtstrahl, der, vom Polarisator polarisirt, in das Plättchen eintritt, wird durch die Doppelbrechung in zwei senkrecht aufeinander polarisirte Strahlen zerlegt. Denken wir uns nun diese Lichtstrahlen als Kraftrichtungen und das Aethertheilchen als Theilchen eines ungemein elastischen Stoffes, so wird es durch die Wirkung des einen Strahles in einer und durch die des anderen Strahles in einer anderen, auf der ersteren senkrecht zu denkenden Richtung hin und her bewegt werden. Da aber beide Strahlen gleichzeitig auf das Aethertheilchen wirken, so kommt nach dem Gesetze vom Kräfteparallelogramm eine Diagonale als Resultirende zu Stande, deren Grösse und Richtung natürlich von den beiden Componenten abhängt.

Wenn beide Wellenbewegungen (und wir denken uns der Einfachheit halber monochromatisches Licht von nur einer Wellenlänge angewendet) auf das Aethertheilchen so einwirken, dass sie beide gleich gross sind, also das Theilchen ebensoweit in der einen als in der anderen Richtung hin und her bewegen würden, wenn jede für sich allein wirken würde, so sind beide Componenten ganz gleich und die Resultirende ist eine Diagonale des Kräfteparallelogramms, die den Winkel am Angriffspunkte beider Componenten halbirt. Beide Componenten können aber nur gleich sein, wenn keine Phasendifferenz vorliegt, so dass in Wellenlängen ausgedrückt $\lambda = 0$ ist. Dann fällt aber auch die Resultirende, da wir die Orientirung der Axenebene des Plättchens mit + 45° (die Lagen der kleinsten und grössten optischen Elasticität in dem Plättchen in der Ebene des Objecttisches) vorgenommen haben, wie eine einfache geometrische Darstellung ergibt, mit einer der Schwingungsrichtungen — der polarisirenden oder der analysirenden Vorrichtung — zusammen und wird daher, da wir ja von gekreuzten Nicols[1]) ausgingen — ausgelöscht. Ist die Phasendifferenz also gleich Null, so bilden die Bahnen der schwingenden Aethertheilchen gerade Linien. Auf ähnlichem Wege lässt sich geometrisch nachweisen, dass bei einer Phasendifferenz von $\frac{\lambda}{8}$ eine Ellipse und bei $\frac{\lambda}{4}$ ein Kreis als Bahn der Aethertheilchen entsteht. Bei $^3/_4\ \lambda$ wird wieder ein Kreis entstehen, doch wird das Licht nunmehr bei Orientirung des Plättchens unter + 45° links kreisförmig polarisirt sein, während es bei $\frac{\lambda}{4}$ rechts polarisirt war. Wir erzählen hier die einfachen Thatsachen, ohne die mathematischen Beweise zu geben, da der Raum dieses für den Praktiker

---

[1]) Wir werden in Hinkunft, wenn wir von gekreuztem Polarisator und Analysator sprechen, dies kurz mit + Nicol und bei parallelen mit Nicols bezeichnen, obgleich ja z. B. der Polarisator des Mikroskopes Fig. 339 d. B. kein Nicol ist.

einiger Vorsicht wenigstens in der Hauptsache sicher gehen. Man orientirt und justirt beide Nicols auf „Dunkelstellung" (+ Nicols), klappt dann sehr langsam und sachte den Condensor heraus, ohne den Nicol des Polarisators zu berühren, und legt nun die Gypsplatte, die in diesem Falle in runder, in den Blendenträger des betreffenden Beleuchtungsapparates passender Fassung montirt sein muss, in den Blendenträger so ein, dass die grösste Elasticitätsaxe unter + 45° zur Schwingungsebene des Nicols steht. Bei den früher gewöhnlich zu Polarisatoren gebrauchten Nicols älterer Construction mit rhombischem Querschnitt ist die Schwingungsrichtung parallel mit der kürzeren Diagonale. Man stellt also die an der Fassung der Gypsplatte ausgezeichnete „Richtung grösster Geschwindigkeit" in einem Winkel von 45° zur erwähnten Diagonale ein und klappt den Blendenträger sammt dem Nicol wieder ein. Bei den verschiedenen anderen „Nicols" (siehe Fussnote S. 434 dieses Leitfadens) neuerer Construction muss die Schwingungsrichtung erst bestimmt werden, was eigentlich auch zur Justirung des Instrumentes gehört. Zu diesem Behufe nimmt man am einfachsten den Tubus ganz weg, stellt das Mikroskop auf eine schwarze Unterlage (z. B. schwarze Wichsleinwand) und schaltet den Polarisator ohne alle Linsen ein. Der Planspiegel des Mikroskopes wird bei gutem Lichte, wenn das Mikroskop in gewöhnlicher, nicht umgelegter (verticaler) Stellung steht, mit Hilfe eines Transporteurs auf circa 125° gegen die horizontale schwarze Fläche eingestellt, das ist auf 90° + 35°, dem Polarisationswinkel für Reflexionspolarisation an Glasplatten.[1] Blickt man durch den Polarisator auf den Spiegel, so wird man die schwarze Fläche darin gespiegelt sehen, und dreht man nun den Polarisator, so wird derselbe gegenüber dem Planspiegel als Analysator wirken und in einer bestimmten Stellung Dunkelheit ergeben. Da das durch Reflexion polarisirte Licht senkrecht zur Einfallsebene schwingt, so wird, wenn der Nicol Dunkelheit gibt, seine Schwingungsrichtung parallel zur Einfallsebene des Spiegels stehen, und da man die letztere kennt, wird man auch die Schwingungsrichtung des Polarisatorprismas kennen, die man auf dessen Fassung durch einen Strich markiren kann. Mit diesem Strich muss der Strich, der auf der Fassung der Gypsplatte deren grösste Geschwindigkeitsrichtung bezeichnet, einen Winkel von 45° bilden. Bei einem mit vollständigem Abbe'schen Beleuchtungsapparat versehenen Mikroskope, wie z. B. Fig. 326 d. B. ein solches zeigt, richtet man den Polarisator P stets so, dass, wenn der Blendenträgergriff D des Beleuchtungsapparates, an dem sich der Blendenträger ja horizontal herumdrehen lässt, nach einer bestimmten Seite gegen die Säule Y (Fig. 326) stösst, also nicht weiter gedreht werden kann, der Polarisator mit dem auf 90° oder 270° gestellten Analysator A oder dem Nicol N gekreuzt steht. Es ist dann nach Einlegen des Gypsplättchens unter 45° zur Schwingungsrichtung des Polarisators der Blendenträger nur soweit zu drehen, bis er an die Säule Y, die die Kippung des Statives trägt, anstösst, und man hat sowohl die Nicols in richtiger Stellung zu einander, als auch das Gypsplättchen richtig orientirt. In mancher Hinsicht ist es praktisch, wenn der Analysator des Polarisationsmikroskopes einen Schlitz hat, wie A in Fig. 326 d. B. Man kann dann auch, wenn der Tubus keinen Schlitz haben sollte, verschiedene Plättchen, also z. B. das fast unentbehrliche Plättchen roth I in den Schlitz des Analysators einlegen. Freilich ist man auch hier beschränkt, da beim Drehen des Analysators sich das Gypsplättchen mitdreht. Jedenfalls bleibt es, sowie man die Nicols kreuzt, in der richtigen Stellung zu den Schwingungsrichtungen derselben stehen. Nun kommen wir dazu, was man mit Hilfe des derart

[1]) Vergl. S. 432 u. 433 d. B.

orientirten Gypsplättchens „roth I" in der optischen Analyse ausrichten kann. Wir haben z. B. einen Dünnschliff von einer uns noch unbekannten, erst näher zu bestimmenden krystallisirten Substanz angefertigt und wollen sie optisch analysiren. Vor allem handelt es sich darum, festzustellen, ob das Präparat überhaupt doppelbrechend ist. Das ist natürlich auf die oben dargestellte Weise auch im dunkeln Gesichtsfelde zwischen gekreuzten Nicols möglich. Auch die Auslöschungsrichtungen lassen sich ohne Gypsplättchen bestimmen, wenn es sich um einen stark doppelbrechenden Körper handelt. Zur Erkennung schwacher Doppelbrechung hingegen, wo der Körper keine Farben gibt und kaum feine Helligkeitsunterschiede aufweist, ist die Einschaltung des Gypsplättchens sehr anzuempfehlen. Der Grund des Gesichtsfeldes ist roth. Sowie ein doppelbrechender Körper auf den Objecttisch kommt, erscheint er sofort bläulich oder gelb, wenn man ihn auf dem Objecttische dreht. Die Auslöschungsrichtungen treten insoferne hervor, als in den Lagen des Auslöschungskreuzes die Farbe des Grundes (hier roth) wiederholt wird. Der eine Arm des Auslöschungskreuzes entspricht der Richtung grösster, der andere der Richtung kleinster optischer Elasticität der Platte. Man nennt die optisch einaxigen Krystalle optisch positiv, wenn die Richtung der einen in Betracht kommenden Axe die Richtung kleinster optischer Elasticität ist, optisch negativ, wenn die Richtung der Axe Richtung grösster optischer Elasticität ist. Fällt nun die kleinste Elasticitätsaxe der zu untersuchenden Platte mit jener im Gypsplättchen zusammen, so wirken beide zusammen; es ist so, als ob das zu untersuchende Plättchen verdickt[1]) wäre, und es erscheint eine in der oben angegebenen Scala höhere Farbe (Additionsfarbe), im entgegengesetzten Falle schwächen sich die Wirkungen ab, und es erscheint eine niederere Farbe (Subtractionsfarbe). Man sieht also aus dem Gesagten, dass man mit Hilfe der Höhe des Polarisationstones die kleinste Elasticitätsaxe finden und durch einfache Erwägung feststellen kann, ob es sich um einen optisch positiven oder negativen Körper handelt. Bei optisch zweiaxigen Körpern ist die Sache etwas complicirter. Die beiden optischen Axen bei zweiaxigen Körpern bilden miteinander vier Winkel. Zwei Winkel sind spitz, zwei sind stumpf. Man nennt nun in der Krystalloptik jene Linie, die die spitzen Winkel der beiden Axen halbirt, die erste Mittellinie oder lateinisch Bisectrix I, diejenige Linie, die den stumpfen Winkel, der die beiden optischen Axen miteinander halbirt, heisst zweite Mittellinie oder Bisectrix II, und beide Mittellinien stehen aufeinander senkrecht.

Bei zweiaxigen Krystallen nennt man einen solchen optisch positiv, wenn die Richtung kleinster optischer Elasticität mit der Bisectrix I (erster Mittellinie), optisch negativ, wenn diese Richtung mit der Bisectrix II (zweiter Mittellinie) zusammenfällt. Hat man eine Platte aus einem optisch zweiaxigen Krystall derartig geschliffen, dass die beiden Flächen der Platte parallel zu einer durch die beiden optischen Axen hindurchgelegt gedachten Ebene (sogenannte „Ebene der optischen Axen") gehen, so stimmen die Auslöschungsrichtungen stets mit der Richtung der Mittellinien überein, und wenn man dann mit Hilfe eines Gypsplättchens prüft, welche Auslöschungsrichtung mit der Richtung kleinster oder grösster Elasticität zusammenfällt, so kennt man natürlich auch dann die Mittellinien und ihr Verhalten zur Richtung kleinster oder grösster optischer Elasticität. Danach kann man auch bei optisch zweiaxigen Körpern bestimmen, ob es sich um eine optisch positive oder optisch negative Substanz handelt. So dient auch hier das Gypsplättchen als Hilfsmittel[2]) bei schwierigeren Aufgaben der optischen

[1]) Sogen. „parallele Verdoppelung" (Valentin S. 204).
[2]) Sogen. „Compensator".

Analyse. Natürlich ist man, wie schon oben erwähnt, nicht an ein Gypsplättchen von Roth I. Ordnung gebunden, auch andere Gypsplättchen, wofern man nur die Höhe ihres Polarisationstones kennt, ja auch andere Krystallplättchen lassen sich in ähnlicher Weise verwenden, denn auch sie geben ja, je nach dem Zusammenfallen der Elasticitätsaxen, Additions- oder Subtractionsfarben. Wir haben oben der Hugo v. Mohl'schen Collection von Gyps- und Glimmerplättchen Erwähnung gethan und auch erwähnt, dass das Glimmerplättchen von $\frac{\lambda}{4}$ Wellenlänge, unter einem Winkel von 45° orientirt, circularpolarisirtes Licht gibt, ferner dass z. B. Quarz (Bergkrystall), ohneweiters geradlinig polarisirtes Licht in kreisförmig polarisirtes Licht verwandelt. Natürlich hat man diese Eigenschaft des Bergkrystalls ebenfalls als Hilfsmittel[1]) zur Verfeinerung der optischen Analyse im polarisirten Lichte benützt, und zwar in ähnlicher Weise wie Gyps. Da beim Bergkrystall (Quarz) die Dicke der Platte ebenfalls massgebend für die Farbentöne ist, die sich zwischen den Nicols zeigen, so hat man, ähnlich wie Gypskeile, auch Quarzkeile geschliffen und in der optischen Analyse angewendet. Natürlich verwandelt jede Stelle des Quarzkeiles, ohne Rücksicht auf die Dicke, geradlinig polarisirtes Licht in kreisförmig polarisirtes. Man kann somit geradlinig polarisirtes Licht mittelst einer Quarzplatte oder eines Quarzkeiles, die etwa im Spalt des Analysators (etwa wie in Fig. 338 d. B. bei *g*) untergebracht werden kann, in kreisförmiges verwandeln, um es zur optischen Analyse heranzuziehen. Man spricht dann von circularer Analyse linearpolarisirten Lichtes. Man kann aber auch schon kreisförmig polarisirtes Licht durch den zu analysirenden Körper schicken und mit dem gewöhnlichen Analysator untersuchen, indem man z. B. eine Quarzplatte über dem Polarisator einlegt, so dass der zu untersuchende Körper, der auf dem Objecttische liegt, von kreisförmig polarisirtem Licht durchdrungen wird, dann spricht man von linearer Analyse circularpolarisirten Lichtes, endlich kann man circularpolarisirtes Licht etwa durch Einlegen eines $^1/_4$ Glimmerplättchens unter $\pm$ 45° zu den Schwingungsebenen der Nicols über dem Polarisator erzeugen und nachdem es durch den zu untersuchenden Körper gegangen ist, durch eine unter dem Analysator angebrachte Quarzplatte beobachten, dann sagt man, es sei das circularpolarisirte Licht circular analysirt worden. Natürlich kann man auch umgekehrt oben ein $^1/_4$ Glimmerplättchen und unten eine Quarzplatte benützen, doch ist die Quarzplatte meist durchsichtiger als das Glimmerplättchen, weil letzteres meist Ritze zeigt. Ein weiteres Mittel zur Erzeugung circularpolarisirten Lichtes ist das Fresnel'sche Parallelipped (Valentin S. 151), welches heutzutage seltener angewendet wird, weshalb wir dessen Beschreibung unterlassen.

Wir wollen nun gleich zur kreisförmigen Polarisation übergehen, welche bekanntlich im weissen Lichte Farbenerscheinungen darbietet, wollen aber der Einfachheit wegen den ersten Versuch mit monochromatischem Lichte machen. Wir bringen eine senkrecht zur optischen Axe geschliffene Quarzplatte (Bergkrystallplatte), wie solche bei jedem Fabrikanten von Polarisationsapparaten zu haben ist, auf den Objecttisch des Mikroskopes zwischen $\top$ Nicol und beleuchten den Mikroskopspiegel mit Natriumlicht. Wir können die Quarzplatte (etwa eine solche von 3 *mm* Dicke) drehen wie wir wollen, das Gesichtsfeld bleibt hellgelb, so wie das Natrium-

[1]) Die Anwendung von Krystallplatten elliptisch oder circular polarisirten Lichtes $\left(\frac{\lambda}{4}\right.$-Glimmer, Quarz etc.$\left.\right)$ in der optischen Analyse nennt man „indirecte Compensation“, jene geradlinig polarisirten Lichtes „directe Compensation“ (Gyps etc.).

rechts oder links) gedreht; die Grösse des Winkels ist bei verschiedenen Farben etwas verschieden und übrigens proportional der Dicke der durchlaufenen Schicht, bei Lösungen auch der Concentration der gelösten Stoffe. Sieht man durch das mit Quarzplatte verschiedener Drehung armirte, jedoch von Objectiv und Ocular befreite Instrument durch, so werden die beiden Kreishälften, in welche man das Gesichtsfeld getheilt sieht, verschieden gefärbt, stets aber complementär, z. B. hellblau und orange, dunkelblau und purpur u. s. w. erscheinen.

Dreht man an dem Analysator, so wird rascher Wechsel dieser Complementärfarben auftreten, schliesslich aber wird ein Punkt erreicht werden, bei welchem beide Hälften etwa gleichmässig blau erscheinen werden und wo jede Rückung am Analysator eine Farbenänderung hervorrufen wird. Diesen sogenannten „neutralen Punkt", den man passender den „empfindlichen" nennen sollte, kann man aber auch auf die Art erreichen, dass man den Analysator auf 0° stellt und den Polarisatior solange dreht, bis beide Gesichtsfeldhäften gleich gefärbt erscheinen. Hängt man nun ein Rohr, etwa mit künstlicher Traubenzuckerlösung gefüllt, in den Tubus, ohne an der Stellung der Nicols etwas zu ändern, so wird man den Analysator um einen gewissen Winkel rechts drehen müssen, bis wieder der neutrale Punkt erreicht ist. Bei Fruchtzucker (Laevulose) würde man den Analysator haben links drehen müssen, um den neutralen Punkt zu erreichen. Man sagt deshalb, Rohrzucker, Glycose, Harnzucker, Lactose, Galactose, Dextrin u. s. w. sind rechtsdrehende Substanzen, Laevulose, Eiweiss (Albumin), arabisches Gummi, Citronenöl, Ol. Terebinth., Aq. Laurocerasi sind linksdrehende Substanzen.

Manche Optiker fertigen, wie z. B. Seibert, einen Nebenapparat zu ihrem mit feiner, vollständiger Theilung in 360° und Nonius versehenen Polarisationsapparat an, nämlich eine viertheilige, aus vier Sectoren von abwechselnd links und rechts drehendem Quarz bestehende, wie wir später sehen werden, auch als sogenanntes „Stauroskop" verwendbare Quarzplatte und ein in den Mikroskoptubus passendes Glasrohr an, so dass der Praktiker sein Mikroskop auch als Saccharimeter benützen kann, nachdem die Collectivlinse des Analysatoroculars,[1]) der Condensor des Polarisators und das Objectiv entfernt sind. Man stellt die Analysatorscala auf den Nullpunkt und blickt nun auf die viertheilige Quarzplatte, dann dreht man den Polarisator so lange, bis die vier Sectoren der Quarzplatte absolut gleiche Färbung haben, das heisst der neutrale Punkt erreicht ist. Nun füllt man das Glasrohr mit dem zu untersuchenden, auf die weiter unten angegebene Art mit aller Sorgfalt geklärten Harn, wobei bei dem Anschrauben der Deckplatte gut achtgegeben werden muss, dass keine Luftblase zwischen Glas und Flüssigkeit sich festsetzt. Auch wird eine Beschmutzung des Instrumentes durch Einhüllen des sogenannten Saccharimeterrohres (Glasrohres für die Flüssigkeit) in Filtrirpapier möglichst hintanzuhalten sein.

Das sorgfältig gefüllte Rohr setzt man in den ausgezogenen Tubus ein und sucht durch Drehen des Analysators von neuem den neutralen Punkt. Dann liest man an Scala und Nonius den Winkel ab, um welchen man nach Einsetzen des Rohres den Analysator hat drehen müssen, um wieder alle Sectoren gleich gefärbt zu sehen. Beim Seibert'schen Apparate entspricht, falls der Harn nicht über 14 *g* Zucker in 100 *ccm* enthält, was sehr selten vorkommt, je 1° Drehung nach rechts 1% Harnzucker. Glücklicherweise dreht Eiweiss auch so stark nach links wie Harnzucker nach rechts, also entspricht ein Grad Linksdrehung 1% Eiweiss. Natürlich darf, wenn

[1]) An Stelle der Collectivlinse wird beim Seibert'schen Apparate die Bertrand'sche Quarzplatte eingeschraubt. Bei anderen, z. B. den seinerzeit ziemlich verbreiteten Paul Wächter'schen, wurde eine zweitheilige Quarzplatte in den Objecttisch eingesteckt.

Man füllt nun den zu untersuchenden, durch Schütteln mit einer concentrirten Lösung von Plumb. acet. in Aqu. destill. (Bleiessig) entfärbten, durch Filtriren über Kieselguhr geklärten Harn in die Röhre, so dass keine Luftblasen in derselben zurückbleiben, und bringt die Röhre in das Instrument zurück. Beim Durchsehen wird man jetzt augenblicklich finden, dass die beiden Hälften der Doppelplatte nicht mehr gleiche Färbung haben, sobald der zu untersuchende Harn Zucker enthält. Man dreht darauf den Index des Analysators ein wenig, entweder nach rechts oder links, bis die beiden Hälften der Doppelplatte wieder die gleiche bläuliche Farbe zeigen wie vorher. Hat man den Index nach rechts drehen müssen, um die gleiche Färbung herzustellen, so liegt diabetischer Harn vor. Handelt es sich um Wein, so bekundet die geringste Drehung nach links, dass der Wein linksdrehenden Fruchtzucker enthält, also wahrscheinlich nicht künstlichen Zuckerzusatz erhielt, weil der Zusatz von künstlichem Fruchtzucker seltener vorkommt.

Bleibt endlich die gleiche Färbung der Doppelplatte unverändert, wie es bei den meisten Tischweinen der Fall sein wird, so dürfte der Wein ebenfalls frei von künstlichem Traubenzucker sein, da die der Gährung widerstehenden gummiartigen Bestandtheile des letzteren stets, auch bei geringen Mengen, eine ungleiche Färbung der Doppelplatte bewirken werden, die nur verschwindet, wenn man den Index nach rechts dreht.

Da nun stark gefärbter oder trüber Wein sich nicht gut zur Untersuchung eignet, so muss man denselben vorher klären, welches auf die Weise geschieht, dass man das Kölbchen bis zu 50 *ccm* mit Wein füllt, dann 5 *ccm* Bleiessig zusetzt, schüttelt und filtrirt. Noch klarer wird derselbe durch Zusatz von gereinigter Knochenkohle vor dem Filtriren. Bei diabetischem Harn hat man das Filtriren über Knochenkohle ganz aufgegeben, da erfahrungsgemäss die Knochenkohle sehr viel Zucker zurückhält, also die Polarisation dann stets zu gering ausfällt und dürfte dies auch für Wein und andere Flüssigkeiten gelten. Man sollte sich also auch hier mit dem Bleiessig behelfen.

Das Saccharimeter kann, wie erwähnt, in jedes Mikroskop an Stelle des Tubus eingeschoben werden, und die Beleuchtung wird dann durch den Spiegel hergestellt. Es genügt auch eine Auerlampe, sogar eine Petroleumflamme zur Beleuchtung; eine bei sehr subtilen polarimetrischen Untersuchungen mit Halbschattenapparaten gebrauchte sogenannte Natriumflamme (Flamme durch Natriumsalze gelb gefärbt) wird man hier nicht brauchen; weisses Licht ist hier am Platze.

Einige allgemeine Regeln[1]) für den Gebrauch der Saccharimeter sollen hier zusammengefasst werden:

Vor Untersuchung der Flüssigkeiten versäume man nicht, solche thunlichst zu entfärben und zu klären, auch solche, bei denen man einen sehr starken Procentgehalt vermuthet, vorher entsprechend zu verdünnen.[2]) Bei Füllung des Beobachtungsrohres vermeide man Luftblasen, indem man bis zum Rande füllt und mit dem Deckgläschen die Kuppe der Flüssigkeit zur Seite schiebt.

Sind die zu untersuchenden Flüssigkeiten trüb, so werden sie zuerst durch gewöhnliche Filtration geklärt.

Gefärbte Flüssigkeiten müssen erst entfärbt werden. Dies geschieht bei Untersuchung auf Zucker auf folgende Weise: Man füllt ein kleines Kochfläschchen (Mischkölbchen), das an seinem Halse zwei Marken besitzt, deren untere einem Volumen von 100 *ccm*, deren obere einem solchen von 110 *ccm* entspricht, bis an die untere Marke mit der zu untersuchenden Flüssigkeit,

[1]) Entnommen aus: „Unsere modernen Mikroskope und deren sämmtliche Hilfs- und Nebenapparate“ von Otto Bachmann. Verlag von R. Oldenbourg, München und Leipzig.

[2]) Man benützt auch für solche Flüssigkeiten halb so lange (also z. B. statt 200 blos 100 *mm* lange) Glasröhren. Das Resultat muss dann mit zwei multiplicirt werden.

der man bis an die obere Marke Bleiessig zusetzt. Schüttelt man den Inhalt jetzt kräftig durcheinander, so wird man nach dem Absetzen und Filtriren eine fast farblose Flüssigkeit erhalten, die man sofort polarisiren kann, wobei jedoch nicht ausser Acht gelassen werden darf, dass zu der Anzahl der abgelesenen Grade, wegen der vorgenommenen Verdünnung, $^1/_{10}$ hinzuzuaddiren ist. Eiweisslösungen sollen zum Zwecke der Klärung über Bruns'sche Watte, die keine nennenswerthe Menge Eiweiss zurückhält, filtrirt werden.

Ist ein diabetischer Harn sehr hell gefärbt und klar, so kann er durch Papier filtrirt und sofort in die Glasröhre behufs Bestimmung gefüllt werden. Dunkel gefärbter, trüber oder Eiweiss führender Harn muss, wie erwähnt, zuerst geklärt und von allen störenden Substanzen befreit werden. Hier führt am besten eine concentrirte Lösung von Bleizucker zum Ziele, indem durch dieselbe ein weisses flockiges Präcipitat, aus Chlorblei, schwefelsaurem und phosphorsaurem Bleioxyd bestehend, ausgeschieden wird, welches alle Farbstoffe des Harns, sowie auch den etwaigen Eiweissgehalt mit sich reisst. Wird diese Flüssigkeit nunmehr über Kieselguhr filtrirt, so erhält man eine beinahe wasserhelle Lösung, welche die Zuckermenge unverändert enthält. Die Umrechnung auf das in Folge der Verdünnung durch die Bleizuckerlösung vermehrte Volumen geschieht, wie eben angegeben, durch Benützung eines Mischkölbchens mit zwei Marken.

Nach dieser Abweichung vom eigentlichen mikroskopischen Beobachten im polarisirten Lichte schliessen wir die Erörterungen über die Anwendung der Interferenzfarbenerscheinungen und der Circularpolarisation in der optischen Analyse, soweit es sich um Erscheinungen paralleler Strahlen handelt, und gehen zu jenen im convergenten polarisirten Lichte über, um zum Schluss eine Uebersicht der wichtigsten, auf den beschriebenen Erscheinungen basirenden optischen Hilfsapparate bei Benützung des Polarisationsmikroskopes zu geben.

Die Interferenzbilder (Axenbilder) und die Untersuchung auf Axenaustritt.

So wie die auf S. 459 und 460 erwähnten Drehapparate gestatten, die Beschaffenheit von Kryställchen und Schnitten (Schliffe) grösserer doppelbrechender Krystalle nicht nur in einer, sondern nacheinander in verschiedenen Richtungen zu studiren, so gewähren die jetzt zu besprechenden Interferenzbilder (Axenbilder) die Möglichkeit, auf einmal die optischen Erscheinungen der Krystalle gleichzeitig zu überblicken. Zu diesem Zwecke wird das Object nicht eigentlich mikroskopisch betrachtet, sondern der optische Apparat des Polarisationsmikroskopes benützt, um einerseits für grössere Krystallschliffe die Turmalinzange, den Nörremberg'schen, Wild-[illegible]chen und andere in der Physik gebräuchliche Polarisationsapparate zu er-[illegible]zen, andererseits bei kleineren Krystallen mit mehr Deutlichkeit die [illegible]ferenzbilder wahrzunehmen. Obgleich diese Anwendung des Polarisations-[illegible]skopes weniger dem Praktiker, als dem forschenden Gelehrten zu statten [illegible]n dürfte, kann auch der Praktiker zur Erkennung vieler Substanzen [illegible]n Nutzen davon ziehen. Eine ausführliche Darstellung dieser Materie [illegible]llerdings den Rahmen dieses Leitfadens überschreiten, die wichtigsten [illegible]hörigen Erscheinungen können aber nicht übergangen werden. Erwähnt [illegible]hon auf S. 459, dass Stärkekörner unter dem Polarisationsmikroskope [illegible]kteristisches dunkles Kreuz zwischen gekreuzten Nicols zeigen. Ge-[illegible]r gekühlte Gläser zeigen bei genügender Dicke farbige Ringfiguren. [illegible]riele organische Körper, z. B. Schnitte aus getrockneten Augen-[illegible] Thieren (Valentin), die Schuppen der Blätter von Eleagnus

angustifolia u. a. m. zeigen auch bei der gewöhnlichen Betrachtung durch das Mikroskop im parallelen polarisirten Lichte ähnliche Kreuzfiguren.[1]) Bei Krystallplatten muss aber zur Sichtbarmachung der Axenbilder convergentes Licht diese durchsetzen. Wie Valentin in seinem oft citirten Buche auf S. 179 ausführt, muss man eben die Platten von doppelbrechenden Krystallen dünn machen, um Gangunterschiede zu erhalten, die nicht weiss geben (vergl. über den Einfluss der Dicke auf die Interferenzfarben im polarisirten Lichte S. 469 u. ff. vorliegenden Leitfadens). Um also die Farbenringe und die Kreuzfiguren an Krystallschliffen zu sehen, wird man sich des convergenten Lichtes bedienen müssen, damit die polarisirten Strahlen den betreffenden verhältnissmässig dünnen Krystall genügend von allen Seiten, also auch schief durchsetzen. Valentin nannte die hiefür dienenden Linsen Convergenzlinsen. Der gewöhnliche Abbe'sche Beleuchtungsapparat bietet solche Convergenzlinsen dar und ebenso alle anderen in der Mikroskopie Condensoren genannten Beleuchtungsapparate. Wie oben bei Beschreibung der Polarisationsmikroskope ausführlich auseinandergesetzt wurde, hat man sinnreiche Apparate erdacht, um vom parallelen zum convergenten Lichte übergehen zu können (vergl. oben die Beschreibung der Polarisationsmikroskope auf S. 441 u. ff. des Leitfadens), so insbesondere Weinschenk's Condensorzange. Bevor wir die Benützung der Interferenzbilder zur Untersuchung auf den „Axenaustritt" näher skizziren, müssen wir die einfachste Methode, ein sogenanntes „Axenbild" zu sehen, anführen. Wir setzen hier voraus, dass man blos ein mit einem Condensor, z. B. Abbe'schen Beleuchtungsapparat versehenes Mikroskop vor sich hat, welches durch einen nach der Art des in Fig. 325 d. B. abgebildeten construirten Polarisationsnebenapparat zu einem Polarisationsmikroskop umgestaltet wurde. Wir verschaffen uns einen in allen Handlungen und Werkstätten für Polarisationsmikroskope erhältlichen, meist in Kork gefassten Dünnschliff des stark doppelbrechenden Kalkspathes, am besten senkrecht zur optischen Axe, legen den Dünnschliff auf den Objecttisch des Mikroskopes, setzen den Polarisator ein, entfernen das Ocular, schrauben ein stärkeres Objectiv, etwa Reichert's 5 oder 6 (Carl Zeiss' *C* oder *D*) an, nehmen das Ocular heraus, setzen den Analysator auf den Tubus auf, kreuzen die Nicols und blicken bei weissem Lichte nun

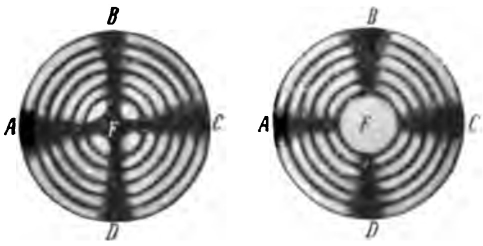


Fig. 343. Fig. 344.

[1]) Einfachbrechende Körper, so z. B. gewöhnliches Glas, können durch rasche Abkühlung, Pressung, Dehnung etc. solche molekulare Veränderungen erfahren, dass sie doppelbrechend werden, ohne darum ein krystallinisches Gefüge aufzuweisen. Eine ähnliche Structur haben wohl auch die Stärkekörner durch ihr Wachsthum erhalten, sie zeigen eine eigenartig concentrirte Schichtung. Auch viele andere organische Objecte zeigen solche Schichtung und dabei Doppelbrechung. Die Doppelbrechung solcher Substanzen bewirkt schon im parallelen Lichte Interferenzbilder, die den Axenbildern der Krystalle sehr ähnlich sind, während bei Krystallen, wie wir gleich sehen werden, die Interferenzbilder erst erscheinen, wenn die betreffenden doppelbrechenden Krystalle von convergenten Lichtbündeln durchleuchtet werden. Die Doppelbrechung bei jenen Körpern, die schon im parallelen Lichte Interferenzbilder zeigen, muss daher von jener in Krystallen verschieden sein. In der That lässt sich die Erscheinung von Interferenzbildern im parallelen Lichte nur so auffassen, dass jene Gangunterschiede, die bei Krystallen durch die am Rande längeren und in der Mitte kürzeren Wege der convergenten polarisirten Strahlen sich ergeben und die die Axenbilder durch Interferenz zustande bringen — bei Glas u. s. w. von ungleicher, vom Rande her gegen die Mitte abnehmender Doppelbrechungseigenschaft herrühren. Diese ungleiche Doppelbrechung lässt sich aber durch molekulare Spannungen und durch Schichtungen gewiss erklären.

(Condensor) in ein Bündel paralleler Strahlen umgewandelt, die in jeder innerhalb des Oeffnungswinkels des betreffenden Condensors möglichen Neigung gegen die optische Axe des Mikroskopes austreten. Diese parallelen Bündel durchsetzen in schiefen Richtungen das Object, hier den Krystall K, und werden durch das Objectiv L' in dessen oberer Brennebene F' wieder Punkt für Punkt zu einem Bilde vereinigt. In diesem Bilde entspricht also jeder Punkt einer bestimmten Richtung in dem Krystall K. Es werden daher bei Anwendung polarisirten Lichtes in jedem Punkte des Bildes Interferenzerscheinungen sichtbar werden, die sogenannten „Axenbilder". Die einfachste Methode, Axenbilder zu sehen, ist eben die oben geschilderte Lasaulx'sche. Eine andere ist die mittelst der Klein'schen Lupe. Eine in der Fassung verschiebbare Lupe wird auf das Ocular, beziehungsweise bei einem Apparate, wie dem in Fig. 325 abgebildeten, auf den Analysator aufgesetzt. Das Bild erscheint dann vergrössert. Die beste Methode ist jene, bei der die Bertrand'sche Linse, auch Bertrand-Amici'sche Linse genannt, in Anwendung kommt. Sie ist bei allen besseren Polarisationsmikroskopen am Tubus einschiebbar angebracht und haben wir sie schon auf S. 442, 445, 446, 455 d. B. bei Beschreibung der betreffenden Mikroskopstative, beziehungsweise meines in Fig. 335 abgebildeten Hilfstubus kennen gelernt. Mit ihr zusammen wirkt bei einer gewissen Einstellung des einschiebbaren Tubustheiles, der bei den vollkommensten Mikroskopen für mineralogische Zwecke (z. B. dem in Fig. 327 abgebildeten Reichert'schen bei a) mittelst Zahn und Trieb verschiebbar ist, das Ocular als Hilfsmikroskop, welches, auf die Brennebene F' eingestellt, ein deutliches Axenbild in vergrössertem Masstabe zeigt. Beim Hilfstubus, wie er in Fig. 335 abgebildet ist, wirken Ocular und Linse zusammen ebenfalls als Hilfsmikroskop. Aehnliche Einrichtungen sind die sogenannten Axenbilder-Oculare,[1]) wie z. B. Carl Zeiss ein solches von bester Wirkung liefert. Die Axenbilder erscheinen sowohl bei Anordnung des Nicols im Oculare und über dem Oculare, als auch über dem Objective, sobald die in Fig. 345 schematisch dargestellten Bedingungen gegeben sind. Man bedient sich dabei stets des Condensors. Da, wie oben bemerkt, die Anzahl der Richtungen der das zu untersuchende

[1]) S. Czapský (Zeitschr. für Instr. Kunde 22, 158 ex 1894) hat ein Axenbilderocular mit Irisblende angegeben, welches nicht zur directen Beobachtung, sondern zur Isolirung von Axenbildern dient und daher mit dem gedachten, ein Hilfsmikroskop darstellenden Zeiss'schen Axenbilderoculare nicht verwechselt werden wolle. Das Czapský'sche Ocular soll eigentlich nur die bei grossen mineralogischen Stativen, wie z. B. C. Reicherts auf S. 443 unseres Buches in Fig. 327 abgebildetem Stativ I c, im Tubus angebrachte Irisblende J ersetzen, die, wie schon S. 443 oben bemerkt wurde, dazu dient, um bei Untersuchung von Krystallgemengen, wie solche sich bei Mineraldurchschnitten oft darbieten, behufs Beobachtung des Interferenzbildes eines einzelnen Kryställchens dieses gerade in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen und, um das Axenbild ungestört durch die Axenbilder der Umgebung betrachten zu können, durch entsprechendes Zusammenziehen der Sicheln der Irisblende von der Umgebung isoliren zu können. Dieses Czapský'sche Ocular besteht aus einem Ocularstutzen mit Irisblende, in welche ein Ramsden'sches Ocular eingeschoben werden kann. Eine Glasplatte mit Strichkreuz ist unter der Irisblende so angebracht, dass sie durch das Ocular scharf gesehen werden kann. Man sucht nun in dem betreffenden Mineraldurchschnitt den zu untersuchenden Krystall auf gewöhnlichem mikroskopischen Wege heraus, bringt ihn mit Hilfe des Strichkreuzes in die Mitte des Gesichtsfeldes, schnürt ihn mittelst der Irisblende von der Umgebung ab und entfernt nun das Ramsden'sche Ocular. Hierauf stellt man das Objectiv so ein, dass nach der Lasaulx'schen Methode das Axenbild erscheint. F. Becke hat in seiner Zeitschrift „Mineralogische und petrographische Mittheilungen" 14, Heft 4, eine Vorrichtung beschrieben, bei der auf die Czapský'sche Iris, die mit dem Ramsden'schen Einschiebocular versehen bleibt, eine Klein'sche Lupe aufgesetzt wird. Sie kann mit einem Glasmikrometer combinirt und zum Ausmessen der scheinbaren Axenwinkel (von diesen später) benützt werden. Sowohl Czapský's Irisblendenocular als die Becke-Klein'sche Lupe mit Messvorrichtung (Glasmikrometer) sind bei R. Fuess in Steglitz zu haben und in C. Leiss' „Optische Instrumente" auf Seite 218 u. ff. ausführlich beschrieben.

Kreuz von Ringen umgeben erscheint, ebenso bei einem **zweiaxigen** Krystall ein Bild wie in Fig. 347 bei *c* erscheinen soll, und zwar sind die beiden hyperbelartigen dunklen Curven, durch welche farbige Ringe pfauenaugenartig verlaufen, die optischen Erscheinungsformen der beiden Axen. Zweiaxige Körper sind solche, bei denen die Doppelbrechung in zwei Richtungen, welche miteinander stets zwei stumpfe und zwei spitze Winkel bilden, aufgehoben erscheint. Diese zwei Richtungen sind die optischen Axen. (Vergl. S. 476 vorliegenden Leitfadens.) Die Entfernung der Scheitel der beiden Hyperbeln (Pole genannt) kann gemessen werden und gibt uns ein Mass des schlechtweg sogenannten „**Axenwinkels**", das heisst nicht etwa des Winkels der optischen Axen im Krystall (S. 476 d. B.), sondern den Winkel der in der Richtung der optischen Axen durch den untersuchten Körper gegangenen Lichtstrahlen nach ihrem Austritt in Luft (**Axenaustritt**). Er ist von der Brechbarkeit des angewendeten Lichtes abhängig, kann daher im monochromatischen Lichte für verschiedene Farben untersucht werden. Bald ist der Winkel um die erste Mittellinie für die rothen, bald für die blauen Strahlen der grössere. Jede Substanz hat hier charakteristische Verhältnisse. In dieser sogenannten „**Dispersion der optischen Axen**" (Axenaustritt) besitzt

Fig. 346.

Fig. 347.

man ein Kennzeichen mehr für optisch zweiaxige Substanzen. (Vergl. Dr. **Rinne**, „**Das Mikroskop im chem. Laboratorium**", S. 62 u. ff.) Im monochromatischen Lichte kann man die Entfernung der dunklen Hyperbelpole am Axenbilde sehr leicht messen, etwa bei den Arbeiten mit der **Bertrand**'schen Linse einfach mittelst eines Ocularmikrometers. Bei der **Lasaulx**'schen Methode müsste man eine eigene Scala anfertigen und in das Objectiv einlegen lassen, bei der **Klein**'schen Lupe wäre die Theilung wohl leichter anzubringen,[1]) aber in Folge des sogenannten Parallaxenfehlers sehr schwer zu benützen, bei

[1]) H. **Lenk** (s. Zeitschr. für Kryst. 25, 379 ex 1896) hat ein Axenwinkelmikrometer zum Einlegen in das Objectiv bei R. **Fuess** construiren lassen. F. **Becke** hat, wie schon oben erwähnt, die **Klein**'sche Lupe mit einem Mikrometer versehen und auf das oben geschilderte **Czapský**'sche Irisblendenocular aufgesetzt, um damit die scheinbaren Axenwinkel zu messen.

ausführt, gestattet eine solche Combination noch den Austritt der Axen des Anhydrids um die Halbirungslinie des stumpfen Winkels der optischen Axen (vergl. S. 476 am Ende des ersten Absatzes). Auf die Messung des scheinbaren Axenwinkels und die Berechnung des wirklichen aus der gefundenen Grösse kann hier leider wegen Raummangels nicht eingegangen werden. Wie schon bemerkt, ist dieser Winkel für die betreffende Substanz charakteristisch und constant und bildet somit für den Praktiker ein Erkennungsmittel, aber in diesem Leitfaden können wir nur den Weg zeigen, der zu gewissen Erkenntnissen führt, ihn mitzugehen, ist uns durch den enggezogenen Rahmen dieses Buches verwehrt. Der Praktiker, welcher sich mit Axenwinkelmessungen am Polarisationsmikroskope beschäftigen will, sei auf das vorzügliche Werk von Dr. Weinschenk: „Anleitung etc." S. 97 u. ff. verwiesen. Auch auf die Benützung des Gypsplättchens von Roth I und ähnliche Behelfe (vergl. S. 474 d. B.) bei Betrachtung der Axenbilder kann hier nicht näher eingegangen werden und findet sich hierüber eine kurze, aber sehr leichtfassliche Anleitung in dem von uns oftcitirten Buche Dr. Rinne's „Das Mikroskop im chemischen Laboratorium" S. 65 u. ff. Hier wollen wir den Praktiker blos aufmerksam machen, dass er mit Hilfe des Studiums der Axenbilder sogleich Anhaltspunkte für das krystallographische System erhält,

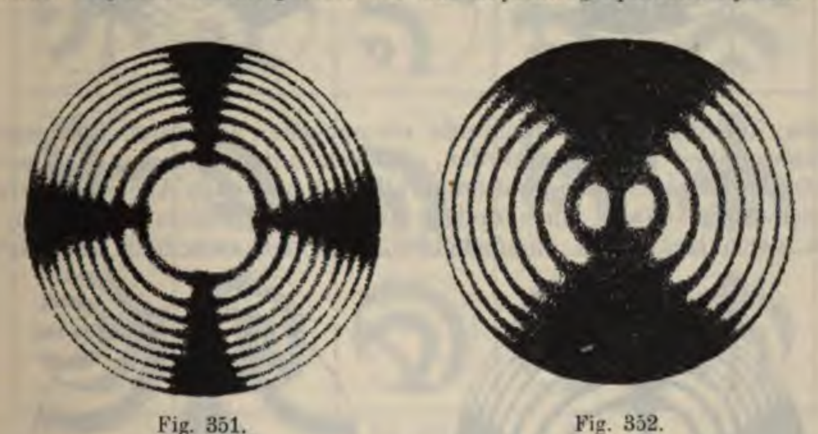


Fig. 351. Fig. 352.

dem eine Substanz angehört, denn ein Krystall, der das Axenbild wie Fig. 343 zeigt, gehört der optisch einaxigen Gruppe der Krystallsysteme an, nämlich dem hexagonalen oder tetragonalen Systeme, während Axenbilder nach Art der in Fig. 347 dargestellten auf eine optisch zweiaxige Substanz hinweisen, die erfahrungsgemäss nur der zweiaxigen Gruppe, also dem monoklinen, triklinen oder rhombischen Krystallsysteme angehören kann. Man benützt zur weiteren Analyse bei optisch einaxigen Krystallen Schnitte (Schliffe) senkrecht zur optischen Axe, bei zweiaxigen Schnitte senkrecht zu einer Mittellinie. Was eine Mittellinie ist, haben wir oben S. 476 dieses Leitfadens auseinandergesetzt. Als analytische Hilfsmittel genügen das vorerwähnte Gppsylättchen vom Roth I. Ordnung und $^1/_4$ Glimmerplättchen (vergl. über dieses S. 474 d. B.). Wie schon erwähnt, können wir auf diese Art der optischen Analyse im convergenten Licht nicht näher eingehen. Dagegen müssen wir doch angeben, wie sich die am meisten vorkommenden Axenbilder im Polarisationsmikroskope bei Anwendung convergenten Lichtes darstellen. Fig. 348 zeigt ein vergrössertes Interferenzbild, wie es ein stark doppelbrechender Krystall mit Hilfe der Bertrand'schen Linse oder der Klein'schen Lupe gesehen zeigt, wenn der Schliff senkrecht zur optischen Axe gefertigt ist.

Bei parallelen Nicols erscheint das Kreuz in weissem Lichte weiss a
durch die Ringe dunkel schattirtem Grunde, doch tritt alles Detail an de
Axenbilde nicht so deutlich hervor, wie zwischen gekreuzten Nicols.

Fertigen wir Schliffe durch unbekannte Mineralien an, so werden d
Kryställchen oft in unregelmässiger Weise, also nicht gerade senkrecht z
optischen Axe durchschnitten. Dr. Weinschenk bringt in seiner vortre
lichen „Anleitung“ eine sehr lehrreiche Abbildung von Axenbildern einaxig

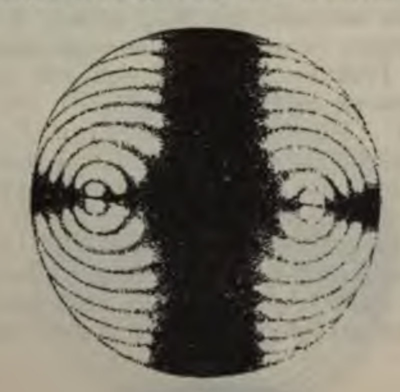


Fig. 353.



Fig. 354.

Krystalle, die nicht gerade senkrecht zur optischen Axe durch die Herstellu
des Dünnschliffes getroffen wurden, die ich unter Citirung der Quelle
Fig. 350 reproducire. Bei Schnitten parallel zur optischen Axe eines Krystall
lässt sich das Axenbild eines optisch einaxigen Krystalles von jenem ein
optisch zweiaxigen kaum unterscheiden. Wie sich auch hier Anhaltspunkt



Fig. 355.



Fig. 356.

timmung gewinnen lassen, ist auf S. 87 und 88 von
htvoll dargestellt. Nach Weinschenk bringen
eines einaxigen schwach doppelbrechend
uz ohne Ringe, in Fig. 351 das vergrösser
doppelbrechenden circularpolarisirenden
Leitfadens). Fig. 352 zeigt das Axenbild
geschnittenen optisch zweiaxigen Krystall
eigt, ebenfalls nach Weinschenk, einen
die erste Mittellinie geschnitten, wobei ein

der beiden Nicols mit der Ebene der optischen Axen (vergl. S. 476 dieses Leitfadens) parallel steht. Man sieht eine einigermassen kreuzartige Figur, rechts und links vom senkrechten Kreuzbalken erscheinen eigenartige Curven, nämlich sogenannte Lemniscaten. Die Axen selbst treten in den Brennpunkten des Curvensystems aus (Axenaustritt). Dreht man das Object auf dem Objecttisch aus der Lage, in der die Axenebene mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt, heraus (wir sprechen vom Nicolhauptschnitt, weil es so üblich ist, obgleich ja, wie z. B. an dem Mikroskope Fig. 339, die polarisirende Vorrichtung ein Glasplattensatz sein kann), so beginnt sich das schwarze Kreuz in der Mitte eigenthümlich zu öffnen und je zwei angrenzende Arme des Kreuzes vereinigen sich zu einer Curve, welche nach einer Drehung der Platte um 45⁰ eine hyperbelartige Gestalt angenommen haben wird. Die einzigen Punkte, die während dieser Drehung stets dunkel bleiben, sind die Austrittspunkte der beiden optischen Axen, die sich an den Hyperbelpolen zeigen. Wie schon oben erwähnt, gibt ihre Entfernung ein Mass des Axenwinkels. Wie erwähnt, müssen wir auf die auch dem Praktiker

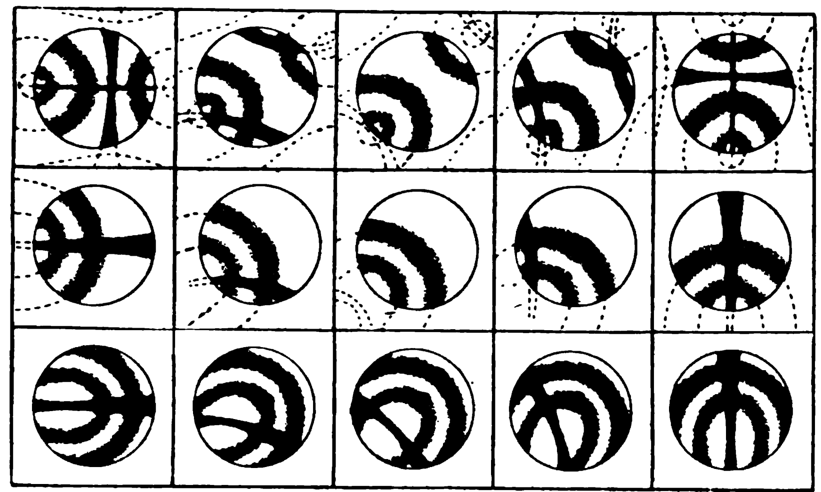


Fig. 357.

leicht verständlichen Werke von Dr. Weinschenk und Dr. Rinne hinsichtlich der Messung der Axenwinkel, weiters der sogenannten Dispersion der optischen Axen u. s. w. verweisen. Noch wollen wir nach Dr. Weinschenk in Fig. 355 das Interferenzbild eines zweiaxigen Krystalles mit sehr kleinem und in Fig. 356 eines solchen mit sehr grossem Axenwinkel betrachten. Das Bild Fig. 355 ähnelt einem solchen eines einaxigen Krystalles. Jenes Fig. 356 erinnert an Fig. 349, nur sind hier die Contouren doppelt. Fig. 356 zeigt keinen Axenaustritt mehr, auch Trockenobjective und Condensoren grosser Apertur lassen die Axen nicht mehr im Gesichtsfeld austreten. In einem Schnitt senkrecht zur ersten Mittellinie wird man aber bei Anwendung eines Immersionssystems und eines Tropfens Immersionsöl zwischen oberster Condensorlinse und Objectträger wohl in allen Fällen den Axenaustritt beobachten können. Hier tritt der Wert der hohen numerischen Aperturen und des Immersionsprincipes besonders hervor (vergl. Weinschenk S. 96).

In Fig. 357 zeigen wir nach Weinschenk ein Gegenstück zu Fig. 350, nämlich Axenbilder von schief zur Mittellinie geschnittenen zweiaxigen Krystallen. Die Aehnlichkeit mit den Bildern in Fig. 350 ist in die Augen fallend, doch zeigt sich bei Umdrehung mittelst des drehbaren Objecttisches

in viel empfindlicherer Weise zu bestimmen als mittelst der Dunkelstellung (Auslöschungsstellung, vergl. S. 461).

Noch empfindlicher ist 2. die Březina'sche Doppelplatte. Sie besteht aus zwei nebeneinander liegenden Platten von Kalkspath, welche beide im entgegengesetzten Sinne schief zur Basis geschnitten (geschliffen) und so zusammengefügt sind, dass ihre Zusammensetzungsfläche beide Schnittrichtungen symmetrisch scheidet. Zwischen Ocular und Nicol eingeschaltet, geben diese zusammengefügten Platten ein einziges, aber combinirtes Axenbild, nämlich einen einzigen Balken, von farbigen Ringcurven umgeben. Dieses Bild zeigt sich aber ungestört auch nur, wenn kein doppelbrechendes Object auf dem Objecttische liegt, oder wenn ein solches (auf dem drehbaren Objecttische) genau in den Schwingungsrichtungen der Nicols orientirt wird.

3. Ohne Axenbild wirkt die Calderon'sche Kalkspathzwillingsplatte oder Doppelplatte. Bei ihr sind zwei Kalkspathkeile zu einem „Stauroskopocular" benützt, indem dieselben so zusammengekittet sind, dass die Berührungsfläche, von oben betrachtet, sich als scharfe Linie darstellt. Diese scharfe Linie theilt nunmehr das Gesichtsfeld eines eigenen Oculars, in welchem die Calderon'sche Doppelplatte angebracht zu werden pflegt, so in zwei Hälften, dass auch die Schwingungsebenen in beiden Hälften gegen die scharfe Linie symmetrisch sind. Benützt wird dieses Stauroskopocular stets unter Anwendung des auf den Tubus aufsetzbaren, über dem Ocular anzubringenden Analysators (vergl. in Fig. 326, 327, 333, 336 und 338 den überall mit A bezeichneten Apparattheil). Ist bei dem betreffenden Mikroskope ein im Tubus angebrachtes Analysatornicol vorhanden, so ist es auszuschalten. Der Analysator A wird nun auf das Stauroskopocular so aufgesetzt, dass die Nicols gekreuzt sind, also das Gesichtsfeld ganz dunkel erscheint. Beide Hälften der Doppelplatte zeigen dann, wenn man die Kittfuge entsprechend einem Balken des Fadenkreuzes der übrigen Oculare des Polarisationsmikroskopes, also parallel mit einer Schwingungsrichtung der Nicols stellt, gleichen Grad von Auslöschung. Das stauroskopisch, also auf sein Auslöschungskreuz (vergl. oben S. 442 [Fussnote]) zu untersuchende Object, z. B. ein Krystall in einem Mineralschliff, wird auf den Objecttisch des Polarisationsmikroskopes gebracht und langsam im Kreise (mit Hilfe des drehbaren Objecttisches, vergl. S. 436 d. B.) herumgedreht. Sogleich erscheint die Auslöschung in beiden Hälften der Doppelplatte ungleich, wechselnd. Erst wenn das zu untersuchende Object in eine Lage kommt, in welchen seine Schwingungsrichtungen mit jenen der Hauptschnitte der gekreuzten Nicols zusammenfallen, erscheinen beide Hälften der Doppelplatte wieder gleich beschattet, da dann der Grad der Auslöschung in beiden die Doppelplatte zusammensetzenden Platten die nämliche ist. Aus den auf S. 436 (Fussnote) erwähnten Ursachen wird man gut daran thun, bei feinen stauroskopischen Untersuchungen sich schwächerer, von Doppelbrechung möglichst freier Objective zu bedienen.

Die meisten Stauroskopoculare sind ähnlich wie das vorbeschriebene construirt. Sie beruhen auf zusammengesetzten Platten aus doppelbrechender Substanz. Um nun während der Beobachtung genau senkrecht auf die Trennungsfuge (Kittfuge) der Platten zu blicken, decken Fuess in Steglitz bei Berlin und andere Firmen bei Anwendung von Plattenstauroskopen mit Fugen die obere Einblicksöffnung des Analysators, der auf das Stauroskopocular aufgesetzt wird, mit einem Diaphragma so ab, dass das Auge nur central, nicht seitlich in das Ocular blicken kann. Dementsprechend wird das Gesichtsfeld durch eine zweite Blende im Oculare eingeengt, was hier, wo es auf ein grösseres Gesichtsfeld nicht sehr ankommt, die Untersuchung nicht erheblich erschwert. Denkt man sich an Stelle der Kalkspathzwillingsplatte eine jener

auf S. 478 u. ff. gelegentlich der Beschreibung der am Mikroskopstativ verwendbaren zwei- oder vierfachen Quarzplatten im Stauroskopocular benützt, so erhält man 4. das Stöber'sche Stauroskopocular (vergl. C. Leiss, Optische Instr. S. 220), in dem eine Quarzdoppelplatte, die zwischen gekreuzten Nicols nicht, wie die im Ultzmann'schen Saccharimeter (S. 480 d. B.) verwendete, eine bläuliche, sondern eine dem Roth I. Ordnung (vergl. S. 470 und 471 d. B.) entsprechende gleiche Färbung beider Platten aufweist, eingelegt ist, oder 5. das Schrauf'sche Stauroskopocular, bei welchem die Kalkspathdoppelplatte durch eine Bertrand'sche Quarzplatte, die wir auf S. 479 als viertheilige, aus vier Sectoren von abwechselnd rechts und links drehendem Quarz (Bergkrystall) zusammengesetzte, kennen gelernt haben, ersetzt ist. Das Schrauf'sche Stauroskopocular ersetzt in der Construction, die ihm C. Reichert in Wien gegeben hat, ein Fadenkreuzocular, da die durch die Kittfugen der vier Quarzsectoren entstehende Kreuzfigur genau so justirt ist und auch so justirt sein muss, wie ein gewöhnliches Fadenkreuzocular (vergl. oben S. 461, 462, 463 und 464).

Uebrigens kann auch 6. eine gewöhnliche, senkrecht zur Axe geschliffene Quarzplatte, Biot-Klein'sche Quarzplatte von 3·75 *mm* Dicke, welche entweder in einen Schlitz über dem Objective eingeschoben (Zeiss) oder zwischen Tubus und Objectiv mittelst eines Normalgewindes, wie solches die Objective gewöhnlich aufweisen (Merker in Wien), eingeschraubt wird, als Stauroskop benützt werden, da sie bei einer bestimmten Stellung des Analysators das empfindliche Violett I (vergl. S. 471 „teinte sensible") als Grundfarbe des Gesichtsfeldes erscheinen lässt, auf welchem Grunde die farblosen zu untersuchenden Krystalle nur bei genauester Einstellung ihrer Auslöschungsrichtungen ebenfalls violett erscheinen und bei der kleinsten Drehung aus dieser Lage schon eine Farbenänderung aufweisen. Da die circularpolarisirende Biot-Klein'sche Quarzplatte bei Verstellung der Nicols je nach der relativen Lage des Analysators zum Polarisator eine ganze Reihe von Farben erscheinen lässt, so ist man an die Benützung des Violett I nicht gebunden und kann z. B. bei schon an sich gefärbten Krystallen, je nach deren Farbe, durch Drehung des einen Nicols jene Farbennuance hervorsuchen, bei der der gefärbte Krystall nicht die geringste Drehung aus der Auslöschungslage zulässt, ohne seine Färbung auffällig zu verändern. Es leuchtet ein, dass auch 7. eine Gypsplatte von 0·0575 *mm* Dicke, die unter 45° zu den Schwingungsrichtungen der gekreuzten Nicols orientirt zwischen diese irgendwo, z. B. in einen Schlitz des Tubus über dem Objective eingeschoben wird und nach der Dr. Weinschenk'schen Tabelle das Violett I gibt, auch als Stauroskop dienen kann. Das empfindlichste Stauroskop ist aber 8. die Bravais'sche Doppelplatte, die aus den beiden um 180° zu einander verdrehten und nach Art der Calderon'schen Doppelplatte unter Beachtung der Entstehung einer scharf sichtbaren Kittfuge vereinigten Hälften eines Gypsplättchens von 0·0575 *mm* Dicke besteht. Man sieht beide Hälften gleich gefärbt (violett I), so lange kein doppelbrechender Krystall auf dem Objecttische liegt. Sowie dies geschieht, ändern beide Hälften in entgegengesetztem Sinne, soweit sie vom Krystall gedeckt werden, ihre Farbe und die Nebeneinanderstellung der entstehenden Farben macht das Instrument so empfindlich, dass man nach Dr. Weinschenk damit schon die Doppelbrechung erkennt, die ein Glaswürfel erleidet, wenn man ihn mit den Fingern zusammenpresst. Dass man unter solchen Umständen auch die Auslöschungsrichtungen, in denen eben die Doppelbrechung des betreffenden Körpers aufgehoben ist, auf das Schärfste wird einstellen können, ist einleuchtend, ebenso aber auch, dass bei Anwendung dieses Stauroskopes schon die geringste Doppelbrechung der im Mikroskope verwendeten Gläser sehr störend wirken muss. Die unter

3. bis 8. beschriebenen Stauroskope beruhen auf Interferenzfarben des weissen Lichtes. Da bei den stärker dispergirenden monoklinen und triklinen Krystallen die Abweichung von der Symmetrie hinsichtlich der Auslöschung, wie schon auf S. 464 d. B. erwähnt wurde, für verschiedene Farben eine verschiedene ist, so kann eine exacte Auslöschungskreuzbestimmung für diese Krystalle im weissen Lichte nicht erfolgen, man muss sich vielmehr möglichst homogenen Lichtes (etwa der Natriumflamme) bedienen und kann deshalb die auf Farbenänderung beruhenden Stauroskope 3. bis 8. hier nicht benützen.

Man hat zu diesen Untersuchungen als Stauroskope entweder die sub 1. und 2. genannten, auf Interferenzfiguren, die sich auch im homogenen Lichte zeigen, beruhenden Apparate oder die im Nachfolgenden beschriebenen eigenthümlich construirten Stauroskopnicols zu benützen. Ein solches ist im zwar sehr empfindlichen, aber nur bei schwächsten Vergrösserungen als Stauroskop anwendbaren 9. Halbschattenpolarisator verwendet, der aus einem etwas schief zu seinem Hauptschnitt getheilten und dann umgekehrt wieder zusammengekitteten Nicol (Jellet'schen Halbschattennicol) besteht, der statt des Polarisators in einer Fassung unter dem Objecttische derart eingesetzt wird, dass die obere Endfläche mit der Tischfläche eine Ebene bildet. Man muss nämlich das zu untersuchende Object und die Trennungsfuge des zerschnittenen Nicols gleichzeitig beobachten können. Natürlich geht dies nur mit sehr schwachem Objectiv (z. B. Nr. 0 Reichert oder a_0 Zeiss), was die Anwendung bei Untersuchung kleiner Objecte ausschliesst. Auch muss man die Präparate mit der Deckglasseite auf den Tisch bringen. Bei grösseren Krystallen ist aber dieses Stauroskop gut verwendbar und ungemein empfindlich, auch bei monoklinen und triklinen Krystallen, die zu ihrer Untersuchung monochromatisches Licht erfordern. Leider macht diese Empfindlichkeit es nothwendig, dass man zwischen den Nicols kein Glas und den Analysator ausnahmsweise unter dem Objective anbringt. Man verwendet also keinen sonst bei Stauroskopen über dem Ocular angebrachten Analysator und keinen Beleuchtungsapparat, nicht einmal eine einzige Condensorlinse, weiters wird, um möglichst paralleles Licht durchzusenden, eine Anzahl Blenden in die Rohrfassung des Halbschattenpolarisators (unter dem Halbschattennicol) eingefügt. Man sieht bei guter Anordnung des Ganzen im homogenen Lichte den zu untersuchenden Krystall gleichzeitig mit der Trennungsfuge nur dann gleich beschattet, wenn der Krystall entweder nicht doppelbrechend oder auf seine Auslöschungsrichtung eingestellt ist. Vorher muss aber ohne Krystall jede Nicolhälfte mit der anderen gleich beschattet eingestellt werden, was sich durch Drehen des Analysators erzielen lässt, sobald dieser so steht, dass sein Hauptschnitt den Winkel, den die Schwingungsrichtungen der Halbschattennicolhälften mit einander bilden, gerade halbirt. A. Karpinský verwendet anstatt eines zerschnittenen Nicols zwei mit senkrechten Endflächen, die vor dem Verkratztwerden durch aufgekittete Deckgläser geschützt sind. Diese zwei Nicols sind derart aneinandergekittet, dass ihre beiden Hauptschnitte senkrecht zu einander stehen. Ein solcher Apparat dient unter dem Namen 10. „Zwillingspolarisator" als empfindliches Stauroskop. Das eine Nicol erscheint hell, das andere dunkel, wenn der Analysator mit einem derselben gekreuzt wird, und die Trennungsfuge soll, wie bei 9., mit dem senkrechten Fadenkreuzbalken zusammenfallen. Der zu untersuchende Krystall beeinflusst beide Hälften im entgegengesetzten Sinne und die Nebeneinanderstellung dieser Aenderungen erleichtert die Wahrnehmung. Im Uebrigen gilt alles von 9. Gesagte auch für 10.

Während die Stauroskope 1. bis 8. von fast allen Mikroskopfirmen zu beziehen sind, die überhaupt Polarisationsmikroskope in den Handel bringen, dürften die sub 9. und 10. beschriebenen wohl blos von Specialfirmen,

z. B. Fuess in Steglitz oder Voigt & Hochgesang in Göttingen angefertigt werden.

B. Die Comparatoren.

Auf S. 470 haben wir vom Gypskeil gesprochen, der hintereinander, oder besser gesagt, nebeneinander die Newton'schen Farben aufweist, wenn er zwischen den gekreuzten Nicols in einer Stellung von 45° betrachtet wird. Auf S. 477 wurde erwähnt, dass ein Quarzkeil ebenso wie ein Gypskeil verschiedene Farben gibt, nur braucht er nicht unter 45° orientirt zu sein. Die Höhe des Farbentones aber ändert sich je nach der Stellung der Nicols zu einander. Bei gekreuzten Nicols z. B. gibt eine Stelle von bestimmter Dicke des Quarzkeiles stets dieselbe Farbe. Da, wie wir gehört haben, die Stärke der Doppelbrechung sich aus dem Gangunterschiede, welchen ein zu untersuchendes Krystallplättchen im polarisirten Lichte aufweist, im Zusammenhalt mit dessen Dicke bestimmen lässt, da andererseits die Dicke eines Plättchens, abgesehen von der Messung mittelst des Focimeters (vergl. S. 59, Abs. 2, S. 160, Abs. 1 und S. 444 d. B.), nach der Höhe des Polarisationstones, den es gibt, bestimmt werden kann, so lag es nahe, Apparate zu construiren, die eine *Vergleichung* des Polarisationstones der optisch zu analysirenden Substanz mit jenem, der einer Stelle von bekannter Dicke, sei es eines Gypskeiles, sei es eines Quarzkeiles, eigenthümlich ist, ermöglichen, indem man sowohl die Farbe des Plättchens, als jene des Keiles gleichzeitig sieht. Solche Apparate nennt man *Comparatoren*. Der bekannteste ist ohne Zweifel der von *Fuess* in Steglitz in einer von *C. Klein* verbesserten Form angefertigte *Quarzkeil-Comparator* nach *Michel-Lévy*. Ein Spiegel wirft mittelst eines rechtwinkeligen Glasprismas einen Nicol passirendes Licht durch einen mittelst Mikrometerschraube derart verschiebbaren Quarzkeil, dass die Dicke der vor einer kleinen Blendöffnung gerade erscheinenden Stelle des Keiles bequem abgelesen werden kann. Hinter dieser Blende und dem Quarzkeil ist abermals ein Nicol angebracht. Das durch den Quarzkeil zwischen den beiden Nicols hervorgebrachte farbige Licht fällt durch ein seitlich an dem Oculartubus angebrachtes Rohr auf einen Glaswürfel, der ähnlich wie jener des in Fig. 112 auf S. 171 d. B. abgebildeten *Abbe*'schen Zeichenapparates construirt ist und ähnlich wirkt. So wie man nämlich im Abbe'schen Zeichenapparate Object und Zeichenpapierfläche gleichzeitig sieht, so sieht man hier die betreffende Stelle des Quarzkeiles im Polarisationsmikroskope gleichzeitig mit den zu untersuchenden Krystallplättchen.[1] Die durch das Prisma in das Gesichtsfeld des Mikroskopes projicirte Farbe des Quarzkeiles wird durch ein Diaphragma begrenzt, welches etwa den dreifachen Durchmesser *des in demselben concentrisch erscheinenden kleinen Farbenfeldes der zu analysirenden Substanz* hat.

Durch Verschieben [illegible] bringt man die Farbe des Präparates mit derjenigen [illegible] Vergleichung beider nöthige Uebereinstimmung [illegible] Ordnung beginnend, enthält der Quarz[illegible] Ordnungen. Dieses Hilfsmittel der opt[illegible] ersten Blick als ein äusserst werth[illegible] [illegible]nung der Farben durch die ungleiche L[illegible] den Zeichenapparaten auftritt) sehr er[illegible] [illegible] Rauchgläser, die ja auch gefärbt sind, [illegible] vor dem Auflegen des Objectes auf [illegible] Mikroskopes, die ja je nach der Licht-

[1] [illegible] Nicols zur Verwendung kommen, nämlich [illegible] und ein Polarisator und Analysator im

stärke des angewandten Objectes wechselt, mit jener des Comparators in Uebereinstimmung zu bringen suchen. Fuess in Steglitz hat deshalb den Quarzkeil im Comparator so eingesetzt, dass derselbe, wenn er an der Scala, die die jeweilige Dicke der im Gesichtsfeld des Comparators (also auch in jenem des Mikroskopes) gerade erscheinenden Quarzkrystalle anzeigt, nur wenig über den Nullpunkt hinausbewegt wird, was man an dem mit dem Quarzkeile verbundenen Schieber sieht, ausgeschaltet ist und anstatt der in das Ocular projicirten Farbe Dunkelheit eintritt. Da nun die Helligkeit des Mikroskopgesichtsfeldes durch die am Polarisator des Mikroskopes angebrachte Irisblende regulirbar ist, so trachtet man durch entsprechende Einstellung dieser das kreisförmige Gesichtsfeld des Mikroskopes mit dem es concentrisch umschliessenden Gesichtsfelde des Quarzkeilcomparators auf gleiche Dunkelheit zu bringen (C. Leiss, Opt. Instr. S. 225 u. ff.). Abgesehen von der Schwierigkeit der Einstellung gleicher Dunkelheit, muss das zu vergleichende Krystallplättchen hinsichtlich seiner Dicke bekannt, dessen Schnitt genau orientirt, ferner farblos sein, da ja eine eigene Färbung des Kryställchens die Vergleichung der Newton'schen Farben beeinträchtigen würde, so dass die Anwendung eines Comparators nur in wenigen Fällen rathsam erscheint. Dr. Weinschenk hat in seiner oft citirten Anleitung auf S. 71 in prägnanter und doch erschöpfender Weise die Compensatoren, von denen wir schon oben z. B. das Gypsplättchen vom Roth I. Ordnung kennen gelernt haben, und welche als Hilfsmittel in der optischen Analyse weitgehendste Anwendung finden (vergl. S. 477 d. B.), als viel exactere Bestimmungen gestattende und bedeutend sicherere Behelfe den Comparatoren zur Ermittlung der Stärke und des Charakters der Doppelbrechung gegenübergestellt.

C. Die Compensatoren.

Die Compensatoren beruhen auf der Erniedrigung oder Erhöhung der Farbe durch Hinzufügung einer Krystallplatte zu der zu untersuchenden, um eine Additions- oder Subtractionsfarbe zu erzielen. Das Princip wurde oben schon genügend erörtert. Die Doppelbrechung zweier Krystalle und somit auch deren Interferenzfarben compensiren sich, wenn gleichwerthige Schwingungsrichtungen zu einander gekreuzt liegen; sie addiren sich, wenn gleichwerthige Schwingungsrichtungen parallel liegen (Dr. Weinschenk S. 75). Ueber die Unterscheidung von directer und indirecter Compensation ist das Nothwendigste auf S. 477 angegeben worden. Ausser des erwähnten Gypsplättchens vom Roth I. Ordnung bedient man sich besonders auch Gyps- oder sonstiger doppelbrechender Krystallplatten, z. B. aus Quarz, die das Violett I. Ordnung (Weinschenk) geben. Für stärker doppelbrechende Substanzen ist nach Weinschenk das Violett II. Ordnung brauchbarer. Man bringt sie in der bekannten Weise in dem Schlitz über dem Objective oder in dem Schlitz des auf das Ocular aufsetzbaren Analysators an. Gegen Verkratzen werden sie geschützt, indem sie mittelst Canadabalsam zwischen zwei dünnen Glasplatten eingekittet werden. Da z. B. bei Gyps- oder Glimmerplättchen die Orientirung in $\pm$ 45° nöthig ist, so muss sowohl der Schlitz zum Fadenkreuzocular die entsprechende Richtung haben, als auch muss der Compensator entsprechend zwischen die Glasplatten oder in eine Kork- oder Pappendeckelfassung eingelegt sind. So unterscheidet man Compensatoren mit paralleler und mit diagonaler Schwingungsrichtung. Diese pflegt an der Fassung stets durch einen Pfeil angegeben zu sein. Auf S. 474 ist auch die Collection von Hugo v. Mohl erwähnt, welche acht zur optischen Analyse brauchbare Gyps- und Glimmerplättchen, also auch das sogenannte $^1/_4$ λ Glimmerplättchen enthält und durch alle Mikroskopgeschäfte bezogen

werden kann. Auch ein Quarzkeil oder Gypskeil, der im Analysator-schlitz oder in einem Tubusschlitz verschoben werden kann, gibt dem Gesichtsfeld je nach der Verschiebung verschiedene Grundfarbe und kann als Compensator dienen; auch ein Glimmerkeil, bestehend aus 16 gleich dicken über einander geschichteten und verkitteten Glimmerplättchen, von denen jedes eine Verzögerung von $^1/_4$ hervorruft und immer um ein bestimmtes Stück kürzer ist als das darunterliegende, gibt 16 Farbenabstufungen der vier ersten Ordnungen und kann als Compensator gebraucht werden. Die Farben müssen das ganze Gesichtsfeld ausfüllen. Eine Theilung an der Seite, die an jeder Stelle die Verzögerung angibt, erleichtert bei allen Compensatoren, die aus Keilen von doppelbrechenden Substanzen bestehen, deren Benützung und ist fast unentbehrlich. Noch bequemer wurde die Anwendung der Keile als Compensatoren gemacht, indem man sie in eigene Oculare fasste und durch Mikrometerschrauben oder Zahn- und Triebvorrichtungen im Gesichtsfelde des Polarisationsmikroskopes, dessen Nebenapparate sie sind, verschiebbar anordnete. Die gebräuchlichsten dieser „Compensatoroculare“ sind 1. das J. Amann'sche Birefractometer, 2. der Babinet'sche Compensator und 3. der Zwillingscompensator von Prof. v. Chrustschoff, welche in trefflichster Ausführung von R. Fuess in Steglitz zu beziehen sind. Fig. 358 zeigt im Durchschnitt die Construction des Amann'schen Birefractometers[1]) in der Fuess'schen Ausführung des Apparates, welcher im Wesentlichen aus einem in der Bildebene eines Oculares messbar zu verschiebenden Gyps- oder Quarzkeil besteht. Bei der Amann'schen Anordnung findet die Verschiebung und Messung durch eine mit getheilte[r] Schraube und Längsscal[a versehene] Trommel statt; während bei dem hier zu erörternde[n] Instrument diese Operationen, sowie auch d[ie] Anordnung des Keiles, wie aus Folgendem [er]sichtlich, davon nicht unwesentlich abweich[en].

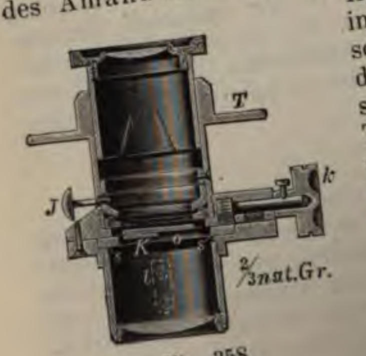


Fig. 358.

Die Verschiebung des Keiles K, welcher dem rahmenartigen Schlitten $s\,s$ befestigt ist, [ge]schieht durch Zahn- und Triebbewegung mittelst des Griffknopfes k. Aus weiter unten zuführenden Gründen bestreicht der Keil nicht den centralen Theil des [Gesichts]feldes, sondern es ist seine Anordnung so getroffen, dass derselbe, wie deutlich aus der Figur ersichtlich, mit der einen Längskante die Mit[te des] Gesichtsfeldes durchschneidet. In der Gebrauchsstellung des Apparates [er]scheinen also in der einen Hälfte des Sehfeldes die Farben des Keiles, während seine andere Hälfte — vorausgesetzt, dass kein doppelbr[echendes] Plättchen sich in diesem Theil befindet — verdunkelt sein wird. [Die] Messungen der Keilverschiebungen ist auf die dem Auge des [...] zugewandte Fläche des Glasstreif[ens ...] befestigt ist, eine der Keillän[ge ...] mit Numerirung, deren In[...] getragen. Als Einstellun[g ...] zogene Linien, deren E[...] Theilstriches der Mikr[...] das Auge vom Ocular [...] mit grosser Präcisi[on ...] ausgeschlossen ist.

[1]) J. Amann [...] Mikroskopie 11, 44[...]

Berührung, und zur weiteren Gewähr kann noch ein dem Instrument beigegebenes Diaphragma benützt werden, das wie beim Gebrauch des Stauroskopes auf die Fassung der Augenlinse gesetzt wird und nur senkrecht auf die Scala zu blicken gestattet.

Unmittelbar über der Scala und dem Keil ist schliesslich noch eine durch das Knöpfchen *J* zu bedienende Irisblende eingefügt, durch deren gewölbte Lamellen die Einengung des Sehfeldes bei den kleineren Oeffnungen wenigstens nahe der Bildebene stattfinden kann.

Die kleine, auf das in den Tubus einzusteckende untere Rohrende aufgeschraubte Leiste *l* orientirt die Stellung des Compensators, indem dieselbe in den unter 45° zum Hauptschnitt der Mikroskope in das Tubusende eingeschnittenen Schlitz eingreift.

Die Augenlinse des Oculares ist in der Hülse des letzteren für die scharfe Einstellung auf die Theilung beweglich. Zum Aufsetzen des Analysators dient der bekannte an der Ocularhülse befestigte Teller *T*.

Die Messung mit dem Apparat wird nun in der Weise vollzogen, dass, nachdem der zu untersuchende Krystall im Sehfeld des Oculares in den von dem Keil zur Hälfte bedeckten Theil gebracht ist, mit Hilfe der Triebbewegung der Keil so lange verschoben wird, bis der Krystall dunkel erscheint; an dieser durch gleichzeitige directe Ablesung im Sehfeld zu ermittelnden Keilstellung besitzt der Krystall die gleiche Doppelbrechung wie die abzulesende Keilstelle selbst. Hat man sich schon vor Benützung des Apparates mit Hilfe der Mikrometerscala die Werthe des Keiles tabellarisch festgesetzt, so kann der Grad der Doppelbrechung direct durch Ablesung gefunden werden.

Neben dieser von Amann zuerst vorgeschlagenen Methode zur Bestimmung der Stärke der Doppelbrechung kann nun bei der am vorbesprochenen Apparat veränderten Keilanordnung auch die Messung durch Vergleich, und zwar nach dem Vorgange von Michel-Lévy vollzogen werden. Es setzt dies jedoch in allen Fällen die Untersuchung von isolirten Krystallplättchen, welche sowohl mikroskopisch klein als auch von beliebiger Grösse sein können, voraus. Zur Messung bringt man das der Bestimmung zu unterziehende Präparat in den vom Keil nicht bedeckten Theil des Sehfeldes, und zwar möglichst in Contact mit der die Mitte des Sehfeldes durchziehenden Keilkante, worauf durch Verschieben des Keiles die Farbe des Präparates mit derjenigen des Keiles in die zum Vergleich nöthige Uebereinstimmung zu bringen und wie im vorigen Fall die ermittelte Stelle an der Scala abzulesen ist.

Ein Nachtheil des Michel-Lévy'schen Comparators, der darin besteht, dass die Lichtintensitäten der Bilder im Mikroskop sich mit der Vergrösserung gegenüber der Intensität des Comparators ändern, ist bei diesem Apparat aus leicht zu erkennenden Gründen von vornherein ausgeschlossen.

Der Keil, welcher mit dem Eisengrau der ersten Ordnung beginnt, enthält die Farben der drei ersten Ordnungen. Die Orientirung des Keiles ist so getroffen, dass seine Schneide parallel der kleinen Elasticitätsaxe verläuft.

Schliesslich kann die Mikrometerscala in dem Compensatorocular noch dazu dienen, dasselbe als ein gewöhnliches Mess- (Mikrometer-) Ocular verwenden zu können. Zu diesem Zweck wird jedem Instrumentchen eine Werthtabelle für den Gebrauch mit sämmtlichen Fuess'schen Objectiven beigegeben. Ein auf demselben Principe wie Amann's Birefractometer beruhendes, viel billigeres, aber ganz brauchbares Compensatorocular einfacherer Construction ist ebenfalls von R. Fuess in Steglitz angefertigt worden.

Bei diesem auf dem gleichen Princip beruhenden Apparate ist die Zahn- und Triebbewegung, mittelst derer die Keilverschiebungen vorgenommen

werden, fortgelassen, so dass diese Verschiebungen freihändig auszuführen sind. Die Anordnung des Keiles, die Art der Messung und Ablesung, sowie die übrigen unter 1 aufgeführten Einrichtungen sind durchaus dieselben geblieben.

Damit der Keil für die Verschiebung bequem gefasst werden kann, wurde der Glasstreifen, worauf derselbe befestigt ist, ausreichend lang gefertigt.

2. Der Babinet'sche Compensator.

Schleift man zwei flache Quarzkeile derart, dass bei dem einen die optische Axe senkrecht zur scharfen Kante, bei dem anderen dagegen zu ihr parallel verläuft, wobei beide Keile genau den gleichen brechenden Winkel haben, und legt sie so übereinander, wie Fig. 359 andeutet, so zeigt sich zwischen gekreuzten Nicols, wenn beide Keile so liegen, wie die Figur zeigt (Nullstellung), und wenn die Hauptschwingungsebenen der Nicols mit den Keilen einen Winkel von 45° einschliessen, genau unter dem Fadenkreuze, also der Mitte des Gesichtsfeldes, ein schwarzes Band, an welches sich im weissen Lichte zu beiden Seiten farbige Streifen (parallel mit dem Band) anreihen. Man nennt solche von farbigen Streifen eingefasste dunkle Bänder in der Optik „Fransen". Diese Fransen sind Interferenzerscheinungen und beruhen darauf, dass die zwei Keile, in denen infolge des verschiedenen Schliffes, gerade in der Mitte, wo beide gleich dick sind, gleichwerthige Richtungen gekreuzt erscheinen, ihre Doppelbrechung vollständig compensiren. Bringt man auf den Objecttisch eines Polarisationsmikroskopes, in dessen Analysatorschlitz zwei solche sich deckende Quarzkeile von obiger Schleifweise angebracht sind, das zu untersuchende Object, so erkennt man dessen Doppelbrechung sofort daran, dass die dunkle Franse sich aus der Mitte verschiebt. Verschiebt man nun den unteren Keil gegen den oberen, so kann man beobachten, wie sich die Franse wieder der Mitte nähert und schliesslich wieder die Fadenkreuzung erreicht. Dreht man nun auf dem drehbaren, am Rande in Grade getheilten Objecttische das zu untersuchende Object um 90°, so entfernt sich das schwarze Band (die Franse) nach der entgegengesetzten Seite und kann wieder durch Verschiebung des unteren Keiles in die Fadenkreuzmitte eingestellt werden. Auf diesem Principe beruht der Babinet'sche Compensator. In der Ausführung von R. Fuess in Steglitz sind beide Keile nicht gleich lang, der untere, bewegliche ist 25 *mm* lang, der obere, feststehende Keil ist kürzer, beide haben aber genau gleiche mittlere Dicke. Beide Keile sind in einem Ramsden'schen Oculare untergebracht, das Fadenkreuz ist mit Diamant in den feststehenden Quarzkeil eingeritzt, es ist nicht +-, sondern Xförmig (sogenanntes „Andreaskreuz"). Eine Mikrometerschraube mit Messtrommel und entgegenwirkender Feder ... den unteren Keil in einer Schlittenführung. Die Messtrommel hat ... und die Steigung der Schraube ist 0·5 *mm*, so dass ein Theil ...el einer Verschiebung des Keiles um 0·005 *mm* entspricht. ...brachtes Zählrädchen zeigt noch die ganzen Umdrehungen (0·5 *mm*) an. Auf das Ocular wird der Analysator auf... ...rägt das Ocular deshalb den bekannten Teller mit Index... ...t wird der Apparat in der Weise, dass man das Object auf ...bringt, so lange an der Mikrometerschraube des Compensator... ...is die Franse wieder genau in der Mitte des Xförmigen ... besser gesagt Strichkreuzes ist, abliest, die Verschiebung ...bject um 90° dreht, wieder den Keil verschiebt, bis die ... Franse erreicht ist, wieder abliest, beide Ablesungen

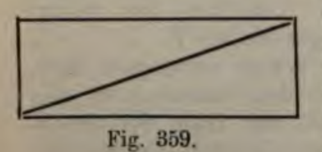


Fig. 359.

... Teller zeigt besonders deutlich Fig. 339 d. B. bei *T* auf S. 456.

addirt und durch 2 dividirt. Dieses arithmetische Mittel gibt ein Mass für die Doppelbrechung des Krystallplättchens, das zu untersuchen war. Im monochromatischen Licht erscheinen viele dunkle Bänder, man stellt daher im weissen Lichte ein (grobe Einstellung) und controlirt dann das Wandern der mittelsten Franse im homogenen Lichte (Dr. Weinschenk, „Anleitung" S. 79, daselbst u. ff. auch eine genauere Anleitung zur Benützung von Compensatoren überhaupt.)

3. Prof. v. Chrustschoff's Zwillingscompensator besteht aus zwei Babinet'schen Compensator-Keilpaaren, die um 180° zu einander verdreht sind; durch eine gemeinsame Spindel mittelst eines links- und eines rechtsgehenden Mikrometergewindes werden die beweglichen Keile jedes Keilpaares in entgegengesetzter Richtung ohne jeden todten Gang bewegt. Bei der Fuess'schen Ausführung hat das Gewinde dieser Schrauben je 0·5 *mm* Steigung und die Messtrommel hat 250 Theile. Ein Theil entspricht daher genau 2 μ.[1]) Das Ganze ist an einem Ramsden'schen Oculare angebracht und im Sehfeld des Oculares befindet sich zu gröberen Verschiebungsablesungen ein Ocularmikrometer mit Teilung in 0·1 *mm*. In der Nullstellung dieses Compensators liegen die beiden bei gekreuzten Nicols im Gesichtsfelde sichtbaren schwarzen Streifen (Fransen) in einer Linie und coincidiren mit dem langen Mittelstrich (0-Strich) der Mikrometerscala. Eine unter ± 45° eingeschaltete zu untersuchende Krystallplatte bewirkt nun bei diesem Apparat eine Verschiebung der schwarzen Fransen nach beiden Seiten. Die zur Herstellung der Coincidenz nöthige Gesammtverschiebung ist somit doppelt so gross, als bei dem gewöhnlichen Babinet'schen Compensator, da ja jeder Keil die abgelesene Strecke zurückgelegt hat. Die Einstellung auf Coincidenz der Fransen ist natürlich viel leichter genau auszuführen, als die auf Mittelstellung, und der Apparat gestattet daher schnellere und exactere Ablesungen. Beide Apparate, sowohl dieser als der Babinet'sche, werden auf dem Mikroskoptubus derart befestigt, dass die Bewegungsschlitten des oder der Keile unter ± 45° (diagonal) zu den Hauptschnitten der gekreuzten Nicols zu stehen kommt (vergl. C. Leiss, Opt. Instr. S. 224).

Untersuchung auf Pleochroismus.

Als Dichroismus bezeichnet man die Eigenschaft einiger doppelbrechender, sowohl anorganischer als auch organischer Körper, im durchfallenden Lichte nach zwei Richtungen hin verschiedene Farben zu zeigen. Andere, so z. B. das fälschlich Dichroit genannte, auch als „Cordierit" bezeichnete Mineral — welches die Zusammensetzung $Mg_2 (Al_2) Si_5 O_{18}$ hat — zeigen diese Eigenschaft in drei Richtungen (Trichroismus) und sollte daher der Cordierit richtiger Trichroit heissen. Im allgemeinen wollen wir also die besprochene Eigenschaft nicht, wie es oft vorkommt, Dichroismus, sondern richtiger Pleochroismus (Vielfarbigkeit) nennen. Es kann aber — auch bei grösseren Krystallen — dieser Pleochroismus selbst von farbenempfindlichen Augen im gewöhnlichen Lichte nicht deutlich wahrgenommen werden, weil infolge der raschen Aenderung der Schwingungsebene in jedem Augenblick gleichviel Licht parallel zu jeder der beiden Schwingungsrichtungen den Krystall durchsetzt, wir sehen also durch eine Fläche eines farbigen doppelbrechenden Krystalles nur eine Mischfarbe (Flächenfarbe, Dr. Weinschenk, „Anleitung" S. 52). So wie wir aber parallel polarisirtes Licht durch den doppelbrechenden Krystall durchgehen lassen,

[1]) Da jedoch bei jeder Umdrehung beide Keile in entgegengesetzter Richtung bewegt werden, entspricht 1 Trommeltheil einer Bewegung von 1 μ, bezogen auf einen Keil.

eines Objectes gewiss interessantes Oculardichroskop, bestehend aus einem Kalkspathprisma, welches beide vom Objecte kommenden, in zwei aufeinander senkrechten Richtungen auftretenden farbigen Strahlen nebeneinander zeigt, von Fuess gefertigt wird (C. Leiss, Opt. Instr. S. 220). Von organischen Körpern zeigen viele doppelbrechende deutlichen Pleochroismus, z. B. mit Chlorzinkjod behandelte Cellulose; an Bruns'scher Watte ist dies schön zu sehen, wenn man sie mit Chlorzinkjod, dessen Bereitung auf S. 296 d. B. nachgelesen werden wolle, färbt, oberflächlich ausdrückt, etwas trocknen lässt und nun in Glycerin über dem Polarisator bei einer Vergrösserung von etwa 200 lin. dreht. Es erscheint jede einzelne Baumwollfaser, wenn man eine solche ins Auge fasst, einmal hellbraun, einmal dunkelblau, je nach der Lage ihrer Achse zum Nicol. Auch gewisse Pigmentkörper in der Mohrrübe (Daucus carota) zeigen Pleochroismus. Uebrigens können wir hier auf dieses Thema nicht näher eingehen und verweisen hinsichtlich anorganischer Pleochroïten auf Weinschenk's „Anleitung" S. 54 u. ff., woselbst auch die Radde'sche Farbenskala besprochen wird; hinsichtlich des Pleochroismus organischer Körper ist in Ambronn's „Anleitung", ferner in Dippel's Mikroskop, 2. Aufl., 1898, Band 2, Einiges zu finden. In letzterem Werke ist die Anwendung des Polarisationsmikroskopes auf pflanzliche und überhaupt organisirte Gebilde vom rein wissenschaftlichen Standpunkte ziemlich ausführlich erörtert, doch dürfte für den Praktiker, z. B. den Gerichtschemiker, die Benützung des Polarisationsmikroskopes zur Identificirung nicht organisirter Substanzen mehr Bedeutung haben. Wir schliessen mit dieser Behauptung das Capitel über die optische Analyse mittelst des Polarisationsmikroskopes und gehen zu den vom Mikroskopiker benützten Spectralapparaten über.

Anwendung des Mikroskopes zur optischen Analyse unter Benützung der spectralen Zerlegung des Lichtes.

Bekanntlich besteht das weisse (sichtbare) Licht aus sechs Hauptfarben, die wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit bei dem Durchgange durch lichtdurchlässige Körper oder durch das Licht beugende Gitter verschieden starke Ablenkung erfahren, so dass sie an verschiedenen Orten eines Schirmes erscheinen, wenn das weisse gebrochene oder gebeugte Licht auf einem solchen aufgefangen wird. Der grosse Newton hat 1740 in seiner Optik zuerst die Grundversuche beschrieben, welche ihn zu der von Goethe in seiner „Farbenlehre" später so heftig und mit Unrecht bekämpften Ansicht brachten, dass das weisse Licht aus sieben Farben, roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und violett, bestehe. Newton hat sich nämlich zur Annahme von sieben Farben entschlossen, weil die Tradition seiner Zeit am Regenbogen sieben Farben nach Analogie der sieben Töne der Tonleiter in der Akustik unterschied; die heutige Wissenschaft nimmt blos sechs Hauptfarben des sichtbaren Spectrums an: roth, orange, gelb, grün, blau, violett, ohne indessen zu verkennen, dass das weisse Licht eigentlich aus sehr vielen in einander übergehenden Farbentönen besteht, die uns blos deshalb nicht in unendlicher Zahl erscheinen, weil unsere Farbenunterscheidungsfähigkeit eine begrenzte ist. Die sechs Hauptfarben hat man in obiger Folge (nach ihrer zunehmenden Wellenlänge und abnehmenden Brechbarkeit geordnet) anzuführen sich gewöhnt, da sie sich auch einem in feinerer Unterscheidung der Farben nicht geübten Auge sofort als wesentlich verschieden darstellen, wenn man den Newton'schen Grundversuch wiederholt. Obgleich wir schon oben bei Besprechung der Interferenzerscheinungen im Polarisations-

Wesen von Licht und Farbe zu vermitteln, war es einem späteren Forscher, dem Optiker Frauenhofer, vorbehalten, die Entdeckungen Newton's der naturwissenschaftlichen Erkenntniss in noch höherem Masse dienstbar zu machen. Das Spectrum, wie es Newton darstellte, war noch kein reines Spectrum, weil bei seiner Versuchsanordnung die runde und weite Oeffnung eine Uebereinanderlagerung der durch die unendlich vielen Lichtbündel erzeugten Spectren bewirkte und daher ein Mischspectrum entstehen musste, welches nur an den Enden ziemlich rein roth und violett, in der Mitte aber, wie oben erwähnt, weisslich gefärbt war. Frauenhofer hat nun 1814 den Newton'schen Versuch in zweckmässig modificirter Weise wiederholt und dabei die für die gesamte Naturwissenschaft so wichtige Entdeckung der „Frauenhofer'schen Linien“ gemacht.

Frauenhofer liess das Licht der Sonne nicht durch eine runde Oeffnung in einen dunklen Raum dringen, sondern durch einen feinen Spalt, und dieses feine spaltförmige Lichtbündel auf eine Sammellinse von ziemlich grosser Brennweite auftreffen. Diese Sammellinse war in einer ihrer doppelten Brennweite entsprechenden Entfernung von dem Spalte angebracht und in derselben Distanz hinter ihr ein weisser Schirm aufgestellt. Bei dieser Anordnung musste der Spalt sich als eine weisse Lichtlinie auf dem Schirme abbilden. Als Frauenhofer nun unmittelbar hinter die Linse vor den Schirm ein Glasprisma, dessen Grundfläche ein gleichseitiges Dreieck bildete, stellte, so breitete sich die Lichtlinie fächerförmig aus und auf dem Schirme entstand ein auch in der Mitte reines Spectrum, wenn man ihn senkrecht zu dem aus dem Prisma tretenden Strahlenbündel stellte. Bei dieser Anordnung lagern sich nämlich in Folge der Enge des Spaltes keine Spectren übereinander, sondern nebeneinander und es entsteht so ein umso reineres Spectrum, je enger der Spalt ist, freilich auf Kosten der Helligkeit. Man richtet deshalb den Spalt durch eine sogenannte „Spaltmechanik“ regulirbar ein, so dass man ihn der jeweiligen Lichtstärke entsprechend, so eng als es diese zulässt, stellen kann. Anstatt das Spectrum auf die eben erwähnte Weise auf einem Schirme aufzufangen, also objectiv zu projiciren, kann man es auch, wie schon Frauenhofer that, durch ein astronomisches (Kepler'sches) Fernrohr betrachten, welches in die Bahn der aus dem Prisma austretenden verschiedenfarbigen Strahlen gebracht werden kann. Auf diesem Principe beruhen die bekannten, später von Bunsen vervollkommneten Spectralapparate, die schon Frauenhofer in München construirte. Der Spalt wurde anstatt im Fensterladen am Ende eines eigenen Rohres, durch welches das Licht auf das Prisma fiel, angebracht, an dem anderen Ende dieses Rohres, vom Spalte um ihre Brennweite entfernt, eine Convexlinse (Kollimatorrohr, Kollimatorlinse) eingesetzt, ein Glasprisma mit einem gleichseitigen Dreieck als Basis derart vor der Linse aufgestellt, dass seine Axe senkrecht auf jener des Kollimatorrohres zu stehen kam, und dass die eine Seitenfläche die für die Dispersion an der Prismenkante günstigste Neigung[1]) zur optischen Axe des Kollimator erhielt, und horizontal gegenüber, unter einem der Ablenkung des Lichtstreifens durch das Prisma entsprechenden Winkel ein kleines astronomisches Fernrohr gegen die zweite Fläche des Prismas gerichtet. Die Kollimatorlinse macht die vom Spalte kommenden Strahlen parallel, das Prisma lenkt sie ab und zerlegt das weisse Licht in seine Farben, die Objectivlinse des Fernrohres projicirt das Farbenstrahlenbüschel vor das Ocular des astronomischen Fernrohres, also vor eine Linse von kleiner Brennweite, mittelst welcher nun das Spectrum wie durch

[1]) Die günstigste Neigung zur Erzielung eines klaren Spectrums ist jene, bei welcher die Ablenkung („Deviation“), respective der Ablenkungswinkel ein Minimum wird. Auf den Beweis hiefür kann hier natürlich nicht eingegangen werden.

eine Lupe vergrössert betrachtet werden kann. Mittelst eines solchen Spectralapparates entdeckte Frauenhofer die nach ihm „Frauenhofer'sche Linien“ benannten dunklen Striche, welche das Spectrum senkrecht zu dessen Längenausdehnung durchziehen. Die stärksten dieser Linien treten auch bei der Projection auf einem Schirme genügend deutlich hervor. Frauenhofer hat sie mit den grossen Buchstaben des Alphabetes *A, B, C, D, E, F, G,* H_1, H_2 benannt. Einzelne, wie z. B. die *D*-Linie, erscheinen in einem guten Bunsen'schen Spectralapparat doppelt. Frauenhofer selbst gelang es nicht nur, viele der anscheinend einfachen Linien in mehrere aufzulösen, sondern er konnte schon mittelst seiner Apparate im sichtbaren Sonnenspectrum circa 600 Linien auffinden. Ich sage im sichtbaren Sonnenspectrum, weil später unter Anwendung von Flusspath- und Quarzprismen von Cornu, Schuhmann, Stokes, Soret u. A. mittelst photographischer Aufnahme[1]) oder Benützung fluorescirender Schirme im ultravioletten Theile, sowie von J. Müller, Langley, Rubens und Snow mittelst feinster Wärmemessapparate im ultrarothen Gebiete des Spectrums, welches durch das menschliche Auge nicht mehr wahrgenommen werden kann, analoge Streifen wie die Frauenhofer'schen Linien entdeckt wurden.

Erst den beiden deutschen Gelehrten Kirchhoff und Bunsen war es vorbehalten, den Zusammenhang zwischen den Frauenhofer'schen Linien und der Lichtquelle klarzustellen, und das Resultat ihrer Untersuchungen veröffentlichten sie in dem damals Aufsehen erregenden Werke: „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen“ im Jahre 1860. Zahlreiche Forscher befassten sich nunmehr mit Untersuchungen auf diesem Gebiete. Jedem Gebildeten sind ja die Erfolge der Spectralanalyse in der Astrophysik, sowie auf dem Gebiete der physikalischen und physiologischen Chemie bekannt. Wir wollen hier nur das Wichtigste recapituliren. Die Spectren selbst theilt man je nach ihrer Entstehung ein in Emissions- und in Absorptionsspectren. Ein Emissionsspectrum ist beispielsweise das Spectrum einer Bogenlampe, ein Absorptionsspectrum jenes der Sonne. Das Spectrum einer Kerzenflamme, einer elektrischen Bogenlampe mit nichtimprägnirten Kohlen (sowie die Kohlen etwa mit Metallsalzen imprägnirt sind, wie z. B. beim Bremer-Licht, geben sie das den betreffenden Metallen eigenthümliche Linienspectrum, wobei das gewöhnliche Spectrum von einzelnen hellen Linien senkrecht auf die Längenausdehnung des Spectrums durchzogen erscheint), das Spectrum der gewöhnlichen Auerlampe weist so ziemlich alle Farben des Sonnenspectrums auf, aber ohne die Frauenhofer'schen Linien. Solch ein Spectrum ist ein continuirliches Emissionsspectrum. Bringt man in die elektrische Bogenlampe etwas Kochsalz, etwa durch Einlegen in den Krater der bei Gleichstromlicht ausgehöhlten + Kohle, die man bei solchen Experimenten gegen den sonstigen Gebrauch unten placirt, damit das Salz nicht herausfällt, so erscheint im Spectralapparat, der Spaltbreite entsprechend, dort, wo im Sonnenspectrum die dunkle *D*-Linie ihren Platz hat, eine überaus helle gelbe Linie, es ist das Emissions-Linienspectrum des Natriums, da Kochsalz doch aus Chlor und Natrium besteht. Bringen wir nun vor der Bogenlampe, zwischen ihr und dem Kollimatorrohr, eine Bunsenflamme an und lassen in ihr auf einem Porzellanlöffelchen Kochsalz schmelzen, bis es dampft und die Bunsenflamme gelb färbt, und geht nun das Licht der Bogenlampe durch die von dem Porzellanlöffelchen aufsteigenden Dämpfe (die schon soweit abgekühlt sein müssen, dass sie selbst nicht leuchten) zum

[1]) Ein zur photographischen Aufnahme des Spectrums geeigneter Apparat heisst Spectrograph. Da Glas zu viel ultraviolette Strahlen verschluckt, so wendet man, um auch diese chemisch sehr wirksamen Strahlenbezirke aufnehmen zu können, Quarz- oder Flusspathspectrographen an.

Kollimatorrohr, so erscheint an Stelle der hellen D-Linie eine dunkle, genau der Frauenhofer'schen Linie D entsprechende Linie. Durch Versuche mit verschiedenen Metallen und deren Salzen, sowie mit Gasen, die in Geisler'schen Röhren durch elektrische Funken zum Glühen und Selbstleuchten gebracht wurden, hat man festgestellt, dass jedem chemischen Elemente nur ein Spectrum entspricht, ferner dass ein glühendes Gas oder ein glühender Dampf aus dem weissen Licht einer Lichtquelle von höherer Temperatur dieselben Strahlen auffängt und sozusagen verschluckt (absorbirt), als wie es in selbstleuchtendem Zustande aussendet. Das Sonnenspectrum mit den Frauenhofer'schen Linien wird also so zu erklären sein, dass ein glühender, selbstleuchtender Kern, der an sich ein wahrscheinlich continuirliches Emissionsspectrum liefert, sein Licht durch die aus glühenden, aber nicht selbstleuchtenden Gasen und Dämpfen bestehende Sonnenatmosphäre hindurchsendet, so dass diese, entsprechend ihren Bestandtheilen, dieselben Stellen des Spectrums linienförmig verdunkelt, welche, wenn die Sonnenatmosphäre selbstleuchtend wäre, helle Linien aufgewiesen hätten. Das Sonnenspectrum ist also ein Absorptionsspectrum. Das Emissionsspectrum des Kernes kennen wir nicht. Nicht nur Gase, auch farbige Flüssigkeiten, ja alle durchsichtigen irgendwie gefärbten festen Stoffe absorbiren mehr oder weniger gewisse Farben oder ganze Farbbezirke aus dem continuirlichen oder aus dem mit den Frauenhofer'schen Linien durchsetzten Sonnenspectrum, wenn man sie zwischen Lichtquelle und Spalt des Spectralapparates bringt. Die entstehenden Absorptionsspectra sind oft für den betreffenden Farbstoff sehr charakteristisch, an Stelle der absorbirten Farben treten lichtschwache oder dunkle Streifen (Bänder), die sich in ihrer Zahl und Dunkelheit auch nach der Concentration der betreffenden Farblösung (z. B. Pikrocarmin) oder der mehr weniger satten Farbe des betreffenden festen Körpers (z. B. eines Rubinglases, eines Chlorophyllkörnchens) richten. Mischungen von verschiedenfarbigen Flüssigkeiten zeigen dann nicht die Additionsfarbe, z. B. grauweiss bei einer Mischung einer gelben und einer blauen Farblösung, wie solche nach obigen Ausführungen die betreffenden Spectralfarben bei ihrer unmittelbaren optischen Vereinigung ergeben, sondern eine Subtractionsfarbe, die sich aus den Absorptionsgesetzen ergibt. Gelbe Flüssigkeiten absorbiren aus dem Spectrum die violetten, die blauen und die rothen Strahlen und lassen fast blos gelb durch. Blaue Flüssigkeiten absorbiren dagegen das vom gelben Medium durchgelassene Gelb, weiters roth und violett und lassen hauptsächlich blau durch, welches wieder von der gelben Flüssigkeit verschluckt wird. Es bleibt also vom ganzen Spectrum nur grün übrig und dies ist die Erklärung dafür, dass die Maler aus gelb und blau grün machen können. Im Spectralapparat erscheinen thatsächlich bei Einschalten einer gelben Farblösung blos gelb und grün unverdunkelt. Giesst man eine blaue Farblösung hinzu, so verschwindet auch das Gelb und blos grün bleibt deutlich sichtbar.

Mit Absorptionsspectren durchsichtiger oder durchscheinender fester und flüssiger Körper werden wir es bei der Mikrospectralanalyse eben fast ausschliesslich zu thun haben. Die Entdeckung der Absorptionsgesetze, sowie überhaupt die ganze Theorie und Technik der Spectralanalyse sind zunächst der Anwendung der makroskopischen Spectralapparate, welche noch dermalen als Specialität von der Firma Schmidt & Haensch in Berlin gebaut werden, zu danken.[1]) Das Gebiet der Spectralanalyse unter dem Mikroskope ist wohl

[1]) Näher können wir in diesem Leitfaden auf dieses Thema nicht eingehen, es sollte hier nur eine Erklärung der Frauenhofer'schen Linien, die uns ja bei Benützung von Tageslicht auch bei der Mikrospectralanalyse begegnen werden, gegeben und auch begründet werden, warum wir uns bei der optischen Analyse mittelst der Mikrospectralapparate nicht

zu vermeiden, also das zu untersuchende Object direct anvisiren zu können (Prismencombinationen „à vision directe“). Den ersten Vorschlag hiezu machte Amici und construirte den sogenannten „Amici-Körper“, bestehend aus zwei Crownglasprismen von ungefähr (je nach dem Brechungsindex des verwendeten Glases) 60—70° brechender Kante (Winkel der die brechende Kante bildenden Flächen), zwischen denen mit entgegengesetzt gestellter brechender Kante von 90° ein Flintglasprisma angebracht war. Da jedoch solche aus wenig Prismen bestehende Combinationen ein nur wenig ausgedehntes, besonders gegen das rothe Ende sehr zusammengedrängtes Spectrum geben, die Ausdehnung der Farben, also auch des ganzen Spectrums, aber mit der Anzahl der verwendeten Prismen wächst, so hat Janssen „Geradsichtsprismen“ aus drei Crown- und zwei Flintglasprismen construirt. Auch solche aus sieben und mehr Prismen kamen zur Anwendung, doch waren bis vor kurzer Zeit die fünfprismigen Janssen'schen Geradsichtsprismen, welche Browning zu seinem Taschenspectroskop und nachher im Vereine mit Sorby in seinem Mikrospectraloculare benützte — die am häufigsten angewendeten. Sorby-Browning's Mikrospectralocular, welches heute noch von Seibert in Wetzlar verfertigt wird, besteht also in der Hauptsache aus einem Janssen'schen Geradsichtsprisma, einem Ocular nach Huyghens, dessen Augenlinse die Kollimatorlinse der gewöhnlichen Spectroskope ersetzt, und einer Spaltmechanik. Fig. 360 zeigt die Hauptheile eines solchen Sorby-Browning'schen „Mikrospectroskopes“, wie das Mikrospectralocular auch genannt zu werden pflegt, im Durchschnitte schematisch. Der Spalt s befindet sich zwischen den beiden Ocularlinsen m (Collectiv) und m_1 (Ocularglas), unmittelbar darüber das Geradsichtsprisma oder vielmehr die Geradsichtsprismen. Die Prismen c sind aus Crownglas, jene f aus Flintglas. Die in gemeinschaftlicher Richtung von m durch s einfallenden Lichtstrahlen legen in den Prismen ungleiche Wege zurück und treten bei o dispersirt aus, wo sie vom Auge als Spectrum wahrgenommen werden. Dieses Spectrum wird um so farbenreiner sein, je feiner der Spalt gestellt wurde. Zur günstigsten Einstellung dieses Spaltes dient, wie schon oben erwähnt, die Spaltmechanik, man muss, wie wir ja schon wissen, den Spalt möglichst eng stellen, dies findet aber seine Grenze in der Lichtstärke der angewendeten Lichtquelle und dem Lichtverluste beim Hindurchgehen durch die zu untersuchende Substanz. Die Regulirung des Spaltes muss sehr exact gehen, besonders muss der Spalt ganz allmälig, ohne todten Gang und, was die Hauptsache ist, so, dass die Schneiden stets parallel und symmetrisch zur optischen Axe des ganzen Instrumentes sich nähern und entfernen lassen, sich öffnen oder schliessen. Bei dem von Seibert in Wetzlar in den Handel gebrachten Sorby-Browning'schen Mikrospectraloculare erfolgt die Zusammenziehung und Erweiterung des Spaltes ohne Zuhilfenahme von Federn blos durch die in Fig. 361 ersichtlichen, an einer und derselben Spindel i sitzenden zwei gegenläufigen Schraubengewinde, die in den Muttern e und e' laufen und die Spaltbacken a und a' mittelst der ebenfalls einerseits mit einem rechts-, andererseits mit einem linksläufigen Gewinde versehenen Ansätze c und c' bewegen, wenn man den Knopf d dreht. Um die Spaltlänge zu reguliren, dreht man den Knopf h, dieser ist mit der in g als Mutter laufenden Schraubenspindel k verbunden, an welcher die Querschneide f sitzt. Das Ganze ist in ein trommelartiges Gehäuse eingeschlossen. Diese Trommel hat man sich um s (Fig. 360) herum angebracht zu denken,



Fig. 360.

bei *b* hat dieses Gehäuse eine centrische Oeffnung, an der das Rohr mit der Collectivlinse sitzt. Dieses Rohr hat die übliche Weite der gewöhnlichen Mikroskopoculare und lässt sich in das Ocularende des Tubus einstecken. Durch die Anwendung eines. Janssen'schen Prismenkörpers wird zwar ein etwas ausgedehnteres Spectrum erzielt, aber auf Kosten der für eigentliche

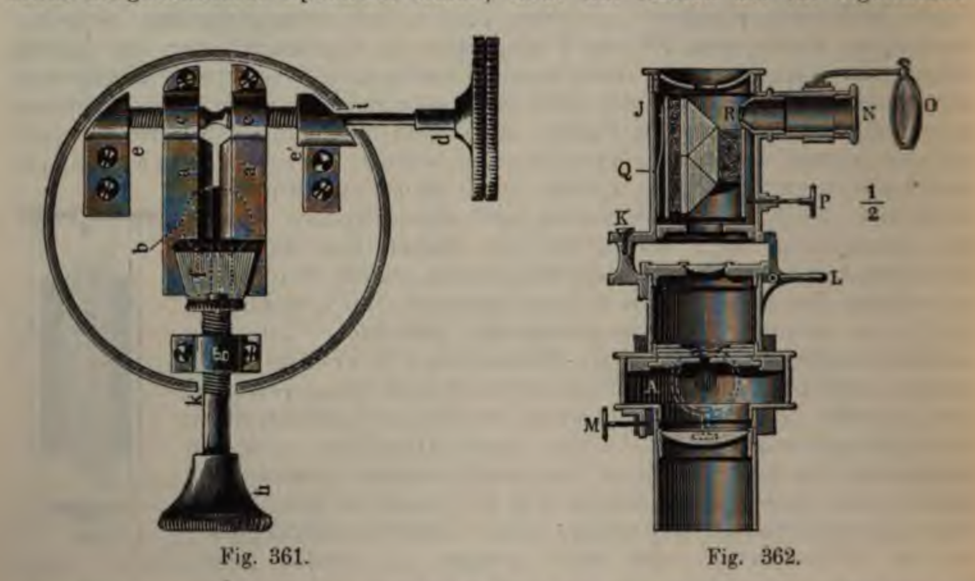


Fig. 361. Fig. 362.

mikrospectroskopische Untersuchungen nicht ganz gleichgiltigen Lichtstärke und der Compendiosität des ganzen Apparates, welcher, auf das Mikroskop aufgesetzt, demselben eine zu grosse Höhe verleiht. Deshalb hat man neuerer Zeit über Vorschlag Abbe's wieder auf den lichtstärkeren und kürzeren dreiprismigen Amici'schen Körper zurückgegriffen und konnte dies umso eher

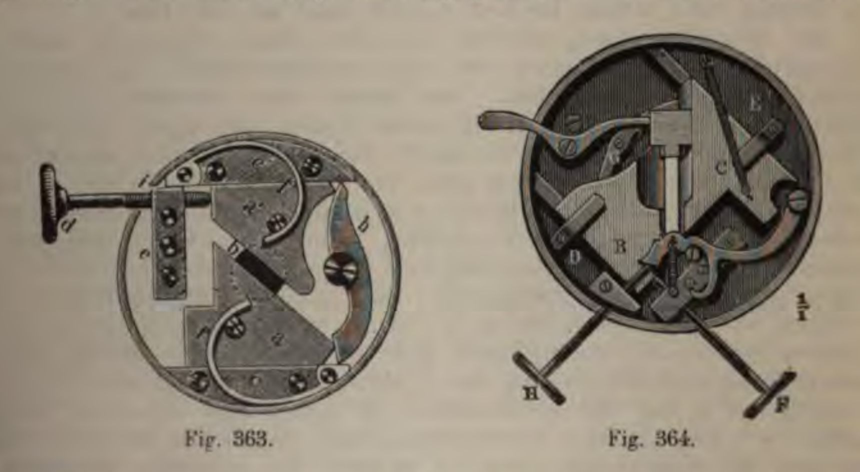


Fig. 363. Fig. 364.

thun, als die fortgeschrittene Glastechnik von Schott und Genossen in Jena Glassorten von hoher Dispersionsfähigkeit zur Verfügung stellte. So kam Dr. Abbe's Spectralocular immer mehr in Gebrauch und die meisten Firmen fertigen nicht mehr Mikrospectraloculare nach Sorby-Browning, sondern solche nach Abbe an. Wir wollen hier deshalb gleich zur Beschreibung des zuerst von Zeiss in Jena in mustergiltiger Ausführung gefertigten Abbe'schen

Spectraloculars und Anleitung zu dessen Benützung in der Praxis übergehen. Fig. 362 zeigt ein solches Zeiss'scher Construction in halber natürlicher Grösse im Längsschnitte.

Es ist speciell zur Beobachtung der Absorptionsspectra mikroskopischer Objecte construirt, aber auch bei der spectroskopischen Untersuchung von Lösungen zu verwenden. Die achromatische obere Linse des Oculars ist auf den zwischen den Linsen befindlichen Spalt scharf einstellbar. Die Mechanik zur Verengerung und Erweiterung des Spaltes durch symmetrische Bewegung der Backen (nach Merz)[1]) mittelst Schraube F (Fig. 364) gestattet so weite Oeffnung, dass das ganze Gesichtsfeld übersehen werden kann. Die Verkürzung des Spaltes geschieht mittelst der Schraube H, um bei eingeschaltetem Vergleichsprisma die Spaltöffnung so weit zu verengen, dass sie ganz von dem Bild des zu untersuchenden Objectes ausgefüllt wird. Das Vergleichsprisma ist mit seitlichem Bock und Klemmfeder zur Befestigung der Vergleichsobjecte und einem Beleuchtungsspiegel A versehen.[2])

[1]) Die Merz'sche Spaltmechanik ist in ihrer ursprünglichen, leicht verständlichen Form in Fig. 363 abgebildet. Fig. 364 zeigt sie in der Zeiss'schen Construction.

[2]) Vor Allem müssen wir dem oft vorkommenden Missverständnisse vorbeugen, als ob das sogenannte Vergleichsprisma dazu dienen würde, Licht, das von einem Vergleichsobjecte kommt, in Farben zu zerstreuen. Das sogenannte Vergleichsspectrum wird ebenfalls vom selben Prismensatze entworfen, wie das ursprüngliche Spectrum das Vergleichsprisma verdeckt blos die eine Hälfte des Spaltes, so dass durch diese Hälfte des Spaltes das Licht, das durch das Vergleichsobject gegangen ist, durchgeht. Es dient also blos als Spiegel. Fig. 365 zeigt schematisch die Wirkungsweise des Vergleichsprismas,

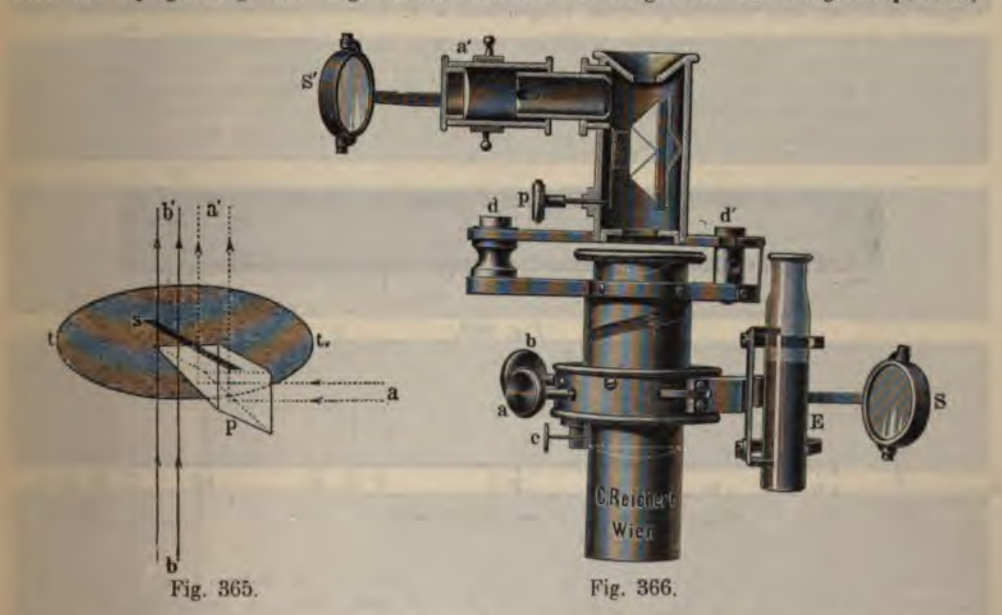
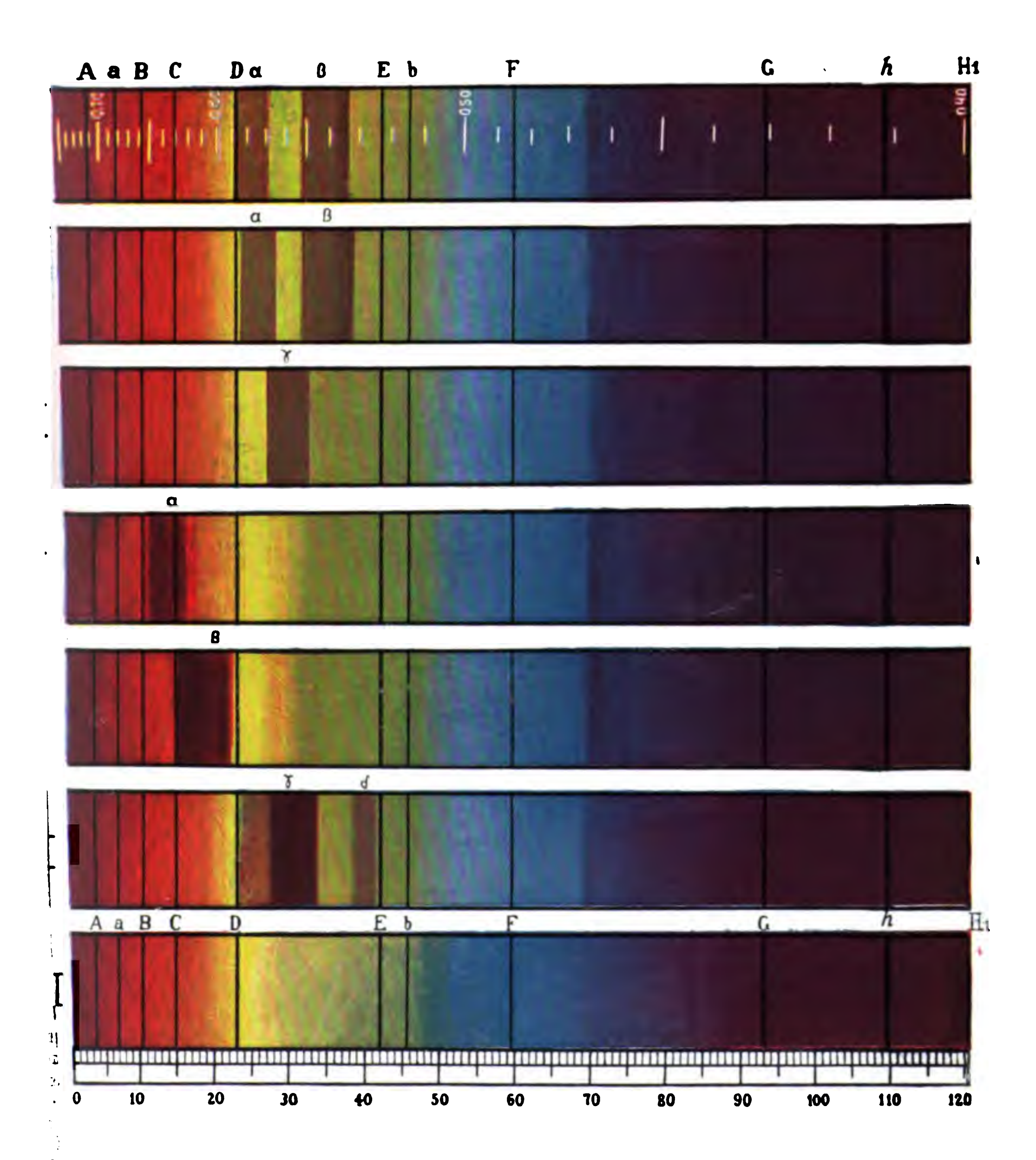


Fig. 365. Fig. 366.

welches durch eine mechanische Vorrichtung vor die eine Hälfte des Spaltes vorgeklappt werden kann, wodurch bei a eine vorher verschlossene Oeffnung in der Trommel (bei A in Fig. 362) frei wird, durch die der Spiegel A Licht in das Vergleichsprisma p wirft. Dieses Licht passirt den in der Trommel $t\,t'$ befindlichen, schon beschriebenen beweglichen Spalt s und kommt in den Prismensatz, wo es ebenso in Farben zerlegt wird, wie das Licht, das vom Objecttisch aus bei b' die dort unverdeckte Spalthälfte durchsetzt. Das Vergleichsprisma hat nämlich eine zum Spalt unter 45° geneigte Hypotenusenfläche, die in Folge des auch bei den mikroskopischen Zeichenapparaten oft angewendeten Gesetzes der totalen Reflexion als Spiegel wirkt. Man sieht also bei vorgeschlagenem Vergleichsprisma übereinander zwei gleich lange Spectren, deren Frauenhofer'sche Linien (in-

Fig. 367.



A a B C D α β E b F G h H1
α β
γ
α
β
γ δ
A a B C D E b F G h H1
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

Ausser von Zeiss wird das Abbe'sche Spectralocular auch von anderen Firmen geliefert, so insbesondere von der schon erwähnten Firma Fuess in Steglitz, welche es oben mit einem kleinen Ansatz, der einen Analysator aufzusetzen gestattet, versieht, um so an einem Polarisationsmikroskope die Spectra der Interferenzfarben doppeltbrechender Krystalle zu beobachten. Wir werden später einen Spectralapparat kennen lernen, der, ursprünglich für physiologische Forschungen ersonnen, ebenfalls Spectral- und Polarisations-Erscheinungen zu combiniren und mineralogischen Untersuchungen dienstbar zu machen gestattet. Natürlich kann das Mikrospectralocular, wie es Fuess construirt, auch zu anderen Untersuchungen benützt werden, bei welchen der Analysator wegfällt. Sonst ist eben Fuess' Mikrospectralocular mit jenem von Zeiss in Bau und Grösse fast congruent.

Aehnlich wie von Zeiss, aber etwas abweichend, wird das Abbe'sche Mikrospectralocular von C. Reichert in Wien hergestellt. Fig. 366 [in der Fussnote [1]) auf S. 511] zeigt es zum Theile im Durchschnitte. Das Prismensystem „à vision directe" ist weiss gelassen, es besteht aus einem dreiprismigen Amici-Körper. Dieser kann durch die Schraube **P** etwas geneigt werden, um die durch das bei *a'* ein- und ausschiebbare, mit zwei planconvexen Projectionslinsen versehene Scalenrohr mit Hilfe des Spiegels *S'*

In diesem trefflichen Buche finden sich auch die Abbildungen, die in Fig. 368 und 369 wiedergegeben erscheinen, und auf welche wir sogleich zu sprechen kommen, sowie die obenbesprochene Fig. 365 [Fussnote [2]) auf S. 511 dieses Leitfadens]. Gegenwärtig benützt man als Masstab bei spectroskopischen Messungen, wie schon Listing vorgeschlagen hatte, fast ausschliesslich die Wellenlängen der einzelnen Spectralfarben, beziehungsweise die in Fig. 369 abgebildete, nach dem Astrophysiker Angström, der sie zuerst bei seinen spectroskopischen Arbeiten thatsächlich in Anwendung brachte, benannte „Angström'sche Scala", die als Bezifferung die Wellenlängenzahlen der betreffenden Spectralfarben trägt, so dass sie „Wellenlängenscala" genannt wird. Da die Wellenlänge aller sichtbaren Theile des Spectrums mit mathematischer Verlässlichkeit ermittelt wurde und somit für die gesammte wissenschaftliche Welt als feststehende Grösse betrachtet wird, so sind Apparate zu spectroskopischen Untersuchungen, bei denen als Masstab eine Wellenlängenscala dient, in ihren Resultaten absolut vergleichbar, vorausgesetzt, dass die Scalen richtig justirt, nämlich so angebracht sind, dass die Striche und Wellenlängenziffern der Scala auch wirklich den betreffenden Bezirken des Spectrums entsprechen. Wie dies zu verstehen ist, soll sofort an der Hand der Fig. 367 und 369 erklärt werden. Zeiss gibt seinen Mikrospectralocularen stets eine Messvorrichtung bei, die auf der Angström'schen Wellenlängenscala beruht und in Fig. 362, in der, wie schon erwähnt, ein Zeiss'sches Mikrospectralocular im Querschnitt abgebildet ist, hat man diese Wellenlängenscala (weiss auf schwarzem Grunde) in *N* angebracht zu denken; sie ist nicht photographirt, sondern durch Gravirung auf berusstem Glase hergestellt, wird durch den Spiegel *O* erleuchtet und durch die Linse bei *R* vergrössert. Das vergrösserte Bild der hellen weissen Scalenstriche und Ziffern spiegelt sich auf der obersten Fläche des Amici-Körpers ab und wird vom Beobachter gleichzeitig mit dem Spectrum gesehen, etwa so, wie dies auf Tafel Fig. 367 bei *I* dargestellt ist; die weisse Scala scheint über dem Spectrum zu schweben. Damit sie aber, je nach dem Auge des Beobachters, in dessen richtige Sehweite eingestellt werden kann, muss das Scalenrohr *N* in einem anderen Rohr verschiebbar angeordnet sein. Bei Weitsichtigen muss die Scala von der Linse entfernt, bei Kurzsichtigen ihr genähert werden. Dies geschieht bei den Apparaten von Zeiss, Reichert u. a. durch Verschiebung aus freier Hand, nachdem man die obere Ocularlinse zuerst auf den Spalt und dann auf die Frauenhofer'schen Linien scharf eingestellt hat, welch letztere freilich zu ihrer Sichtbarkeit Tageslicht erheischen, wie ja schon oben erwähnt wurde. Die blosse Einstellung auf den Spalt, die meist empfohlen wird, genügt nicht bei jedem Menschen, da das Auge bei der blendenden Lichtlinie des feinen Spaltes sich bei vielen Personen anders accommodirt, als bei dem verhältnissmässig lichtschwachen Spectrum mit den schwarzen Linien. Die Einstellung auf den Spalt ist daher nicht immer auch die für das Spectrum günstigste; ja wenn man, wie dies für die Benützung des Vergleichsspectrums nothwendig ist, das Vergleichsprisma einklappt, beleuchtet und nun auf die leider etwas tiefer als die Spectralebene liegende schwarze, der Längenausdehnung der Spectren parallel laufende Trennungslinie des Hauptspectrums und des Vergleichsspectrums scharf einstellt, so kommt diese Einstellung jener auf die Frauenhofer'schen Linien, von denen besonders die Linien *D* und *F* (*D* im Gelb, *F* im Blau) leicht auffindbar und einstellbar sind, an Genauigkeit nicht gleich. Wenn Tageslicht nicht zur Verfügung steht, kann man die an Stelle der *D*-Linie tretende Natriumlinie auffinden, wenn man

zur Verkürzung des Spaltes benützen, muss aber dann die Trommelöffnung, die dem Vergleichsprisma Licht zuführt, schliessen oder, falls hiezu keine Vorrichtung am Apparate sein sollte, den Beleuchtungsspiegel des Vergleichsprismas so stellen, dass er seine geschwärzte Seite der Oeffnung zukehrt. Durch den Spalt kann dann kein Licht gehen, welches nicht durch das zu untersuchende Partikelchen gegangen wäre. Man klappt nun den Prismensatz vor und wird nun ein schmales Spectrum des Objectes wahrnehmen. Die Lage kann man mit Hilfe der Scala bestimmen, die man durch Verschieben des Scalenrohres bei a' einstellt und mit dem Spiegel S' gerade so stark beleuchtet, dass die Scalenstriche sichtbar sind. Zu starke Beleuchtung der Scala stört die deutliche Wahrnehmung des Spectrums, sowie denn überhaupt alles andere Licht bei solchen mikroskopischen Untersuchungen ferngehalten werden muss. Zoth in Graz empfiehlt deshalb (Encykl. der mikrosk. Technik) einen grossen Cartonschirm vor dem Mikroskope anzubringen, der nur unten eine Oeffnung für das auf den Spiegel fallende Licht hat. Um in dunkleren Absorptionsspectren, namentlich so schmalen, wie wir sie bei Untersuchung mikroskopischer Partikel erhalten, noch Einzelheiten zu erkennen, soll man sich nach Zoth durch Vorhalten der Hand vor das beobachtende Auge, Ueberhängen eines Tuches, Anstellung

---

Die Scala in Fig. 369 zeigt blos zwei Ziffern. Die dritte ergibt sich aus den Scalenstrichen von selbst. Die D-Linie schneidet in Fig. 369 bei neun Zehntel des 59. Scalenteiles (von rechts nach links gezählt, da das langwellige Roth links, das kurzwellige Violett rechts liegt, also die Wellenlängen von rechts nach links zunehmen) die Scala, was in $\mu\mu$ 589, ergibt, nämlich 590 weniger eins. Der Einfachheit halber sind nämlich hier die Wellenlängen nur in Hunderttausendstel ganzen Teilen eines Millimeters, und zwar von fünf zu fünf Teilen, angeschrieben und weil die Spectralbezirke der einzelnen Farben bei dem Amici-Körper in Folge des gegen das rothe Ende zu sehr verkürzten (zusammengedrängten) Spectrums sehr ungleich, nämlich von Violett zum Roth stets abnehmen, erscheinen auch dementsprechend die Theile mit wachsender Wellenlänge immer schmäler. Die Zehntel, die, wenn wir an $\mu\mu$ festhalten, Millionstel Millimeter als Einheiten repräsentieren, schätzt man nach dem Augenmasse ab, was bei praktischen Messungen, bei denen auch die Frauenhofer'schen Linien allein (bei Anwendung von Tageslicht) zur Orientierung dienen können — vollkommen ausreicht. Die Wellenlängenmessung des Praktikers soll ja blos den Ort, wo gewisse Absorptionsstreifen erscheinen, fixiren. Es ist oft genügend zu sagen, diese oder jene Substanz zeige ein Absorptionsband zwischen der Linie D und E, anstatt es genauer etwa mit 527—589 auszudrücken. Uebrigens wechselt die Stärke und auch scheinbare Breite der Absorptionsbänder mit der Schichtendicke und Concentration des absorbirenden Stoffes, worauf wir zu achten haben werden. Fassen wir also das Gesagte zusammen, so dürfte die Scala eine zwar wünschenswerte, aber nicht unentbehrliche Beigabe eines Mikrospectraloculares sein. Ist sie aber vorhanden, so muss sie richtig sein, das heisst sie muss den Frauenhofer'schen Linien entsprechen. Da sich die Einstellvorrichtung der Ocularlinse wohl niemals so genau centrisch auf- und abgehend machen lässt, dass dabei nicht einige Abweichung von der optischen Axe des Mikroskopes stattfände, so kann die Scala nicht ein- für allemal so justirt werden, dass die Frauenhofer'schen Linien die Scala an den ihren Wellenlängen entsprechenden Punkten schneiden. Dazu dient die Justirschraube **P** in Fig. 362 und 366, beim Zeiss'schen sowohl als beim Reichert'schen Mikrospectralocular. Man benützt zur Orientirung meist die D-Linie (bei Tage) oder die ihr entsprechende helle Natriumlinie (bei Abgang des Tageslichtes), indem an der Schraube **P** solange geschraubt wird, bis der Ort des Spectrums, an dem die D-Linie es schneidet, auf Wellenlänge 589 steht, wie Fig. 367 *I* dies zeigt. Die Schraube **P** bewegt nämlich unter gleichzeitiger, den todten Gang beseitigender Gegenwirkung einer Feder den Amici-Körper gegen oder von der optischen Axe und da dabei auch die obere, die Scala spiegelnde Fläche des Prismensatzes gegen die optische Axe verschoben wird, kann man hiedurch scheinbar die Scala über dem Spectrum hin- und herschieben und diese Verschiebung zur Justirung der Scala in ihrer Lage zu den Frauenhofer'schen Linien benützen, die erst nach der vorher besprochenen Justirung der Scala durch Drehung um die Axe des Scalenrohres vorzunehmen ist. Sind die erwähnten Justirungen vorgenommen, so kann man den Spiegel der Scala wegklappen, damit deren Leuchten die Wahrnehmung der feineren Frauenhofer'schen Linien nicht stört, und man wird dann ein Spectrum, etwa wie Fig. 368 zeigt, sehen. Beleuchtet man dann die Scala etwas, so müssen bei correcter Justirung bei einem tadellosen Instrumente nachstehende wichtigsten Linien den beigesetzten Wellenlängen der Scala entsprechen:

der Beobachtung im Dunkelkasten oder Dunkelzimmer, namentlich aber auch durch Gewöhnung des Auges an Dunkelheit („Dunkeladaptation") und öfteres Ausruhen zu helfen suchen. Mitunter wird man selbst durch Einhaltung aller dieser Vorsichten nicht viel sehen, dann muss man entweder das Licht verstärken oder den Spalt etwas erweitern, wenn auch die Reinheit des Spectrums darunter leiden sollte. Auf einen sehr wichtigen Umstand muss hier noch

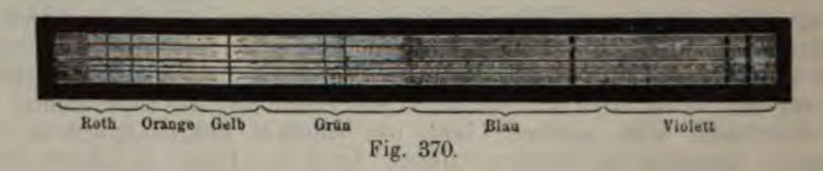


Fig. 370.

aufmerksam gemacht werden. Zeigt sich das Spectrum, ohne dass das Object eingestellt ist, so, wie in Fig. 370 nach Wilhelm Behrens „Leitfaden der botanischen Mikroskopie" dargestellt ist, von wagrechten Linien durchzogen, so sind entweder die sogenannten „Gravesande'schen Schneiden", das heisst die beweglichen Spaltbacken der Spaltmechanik nicht schartenfrei oder es ist Staub zwischen ihnen. Der erstere Fehler wird bei neuen

---

Der Frauenhofer'schen Linie *A* (in Fig. 368 weggelassen) 761, *B* 687, *C* 657, *D* 589, *E* 527, *F* 486, *G* 431, H_1 397, H_2 394 (in Fig. 368 sind nur die auffallendsten Linien verzeichnet und die Unterscheidung von H_1 und H_2 weggelassen, eigentlich — und in grossen Spectroskopen auch stets so zu sehen — ist die *D*-Linie ebenfalls eine Doppellinie). Bei einem richtig construirten, mit Angström'scher Scala versehenen Mikrospectralapparat muss, wenn mittelst der Schraube **P** durch Neigung des Prismenrohres und damit der bei *R* gelegenen obersten Prismenfläche das Bild der Scala genau parallel mit der Längenausdehnungslinie des Spectrums und weiters so gestellt ist, dass die *D*-Linie auf 589 (in Fig. 366 auf 58·9) zu stehen kommt, jede andere Linie ihren richtigen Platz einnehmen, so z. B. *E* im Grün bei 527, *F* im Blau bei 486 u. s. w. Man controlire daraufhin jeden Apparat. Bei der Einstellung muss Spectrum und Scala gleich deutlich zu sehen sein; man muss Spalt und Spectrum zuerst richtig reguliren, so dass man die Frauenhofer'schen Linien ohne Accommodationsanstrengung des Auges scharf sieht; hiezu ist die obere Linse des Oculars scharf auf den Spalt einstellbar construirt. Die Scala kann bei *N* um ihre Axe gedreht und das Scalenrohr verschoben werden. Sollte die Scala nach, wie vorhin geschildert, geschehener Scaleneinstellung die Frauenhofer'schen Linien nicht am richtigen Ort erscheinen lassen, weise man das Instrument unbedingt zurück. Es genügt nicht, dass zwei Linien stimmen, die Scala kann deshalb doch unrichtig sein, wenn nicht die in Fig. 368 abgebildeten Linien ebenfalls ihren richtigen Platz haben, da ja die Wellenlängenscala ungleiche Theile hat. Die seit Jahren aus der Zeiss'schen Werkstätte hervorgehenden Mikrospectraloculare weisen solche Fehler nicht mehr auf. Damit der Praktiker versteht, was wir meinen, sei auf die Spectraltafel Fig. 367 verwiesen. Bei *I* sieht man das noch später zu besprechende Absorptionsspectrum einiger mit circa 20 cm^3 Wasser verdünnter Blutstropfen, die uns bei α und β die Absorptionsstreifen des Blutfarbstoffes (Oxyhämoglobin) zeigen. Gleichzeitig sieht man, genau so, wie dies in Wirklichkeit zu sehen ist, auf dem Spectrum die Angström'sche Scala (weiss leuchtende Striche und in μ ausgedrückte Wellenlängenziffern) projicirt. Die *D*-Linie stimmt genau, auch die *F*-Linie noch so ziemlich, die anderen schon weniger. Dies ist für den Praktiker sehr wichtig, bei gerichtlich-chemischen Befunden wird er im Gutachten genauestens die Lage der Absorptionsstreifen anzugeben haben. Deshalb bedarf er auch eines absolut verlässlichen Messapparates, oder er muss auf dessen Benützung verzichten und sich blos nach den Frauenhofer'schen Linien orientiren und dementsprechende Notizen machen. In Fig. 367 ist bei *VII* das gewöhnliche sichtbare Sonnenspectrum, wie es sich ungefähr in einem Mikrospectralapparat zeigt, so gut, als es der Dreifarbendruck gestattete, wiedergegeben. Gleichzeitig ist unten eine willkürliche Scala, die den Anfang des längstwelligsten Theiles des sichtbaren Spectrums als Nullpunkt annimmt, angefügt. Auf die übrigen Theile der Fig. 367 werden wir noch später zurückkommen und bemerken hier vorläufig, dass die Frauenhofer'schen Linien so deutlich, wie sie in Fig. 367 zu sehen sind, blos bei sehr enggestelltem Spalte und directem Sonnenlicht sich darstellen. Auch sieht man dann die dunkleren Theile des rothen und violetten Theiles viel besser — das sichtbare Spectrum erscheint also scheinbar etwas länger — als bei diffuser Beleuchtung.

Instrumenten aus guten Werkstätten kaum vorkommen, der letztere bildet leider eine Quelle beständigen Aergernisses für den Spectralanalytiker. So wie nämlich bei enggestelltem Spalte das kleinste Härchen oder Stäubchen zwischen den Gravesande'schen Schneiden haftet, zeigen sich diese störenden Staublinien. Ich habe mit Erfolg zur Reinigung das von den Uhrmachern zu ähnlichen Zwecken viel benützte und daher durch jeden Uhrmacher beschaffbare „Pfaffenkappelholz", Holz von Evonymus europea, dem Pfaffenhütchen, angewendet, wie dies C. Leiss in seinem oftcitirten Buche „Die optischen Instrumente" empfohlen hat. Man schneidet hiezu aus dem Evonymusholz mit scharfem Messer glatte Keile, mit denen man zwischen den geöffneten Spaltschneiden hindurchfährt. Auch hier macht die Uebung den Meister. Ist auf diese Weise der Spalt nicht rein zu bringen, so hilft man mit einem in Benzin getauchten feinen Pinselchen nach. Nach Wegklappen des Prismensatzes ist ja der Spalt und alle Staubtheilchen in ihm durch die Ocularlinse (als Lupe wirkend) scharf zu sehen. Hat man sich überzeugt, dass ohne eingeschaltetes Object keine Staublinien entstehen, wohl aber nach Einschaltung desselben, dann hat man sogenannte „Structurstreifen" vor sich. Jede Structur im Objecte zeigt sich nämlich bei enggestelltem Spectrum als Streifen, ähnlich den in Fig. 370 dargestellten Staubstreifen. Diesem Uebelstande ist aber leicht abzuhelfen, indem man einfach die vorher scharfe Einstellung des Objectpartikels so ändert, dass die störenden Structurlinien verschwinden. Der Genauigkeit der Untersuchung geschieht hiedurch kein Eintrag, es handelt sich ja nur um das Spectrum, nicht um die Structuren, die durch das Amici-Prisma blos störend wirken.

Wir haben hier anknüpfend an die Beschreibung der Mikrospectraloculare eine kleine Anleitung zu deren Benützung im eigentlichen mikroskopischen Sinne gegeben. Wie schon erwähnt, dient ein jedes Spectralocular dem Praktiker auch als Ersatz eines Spectroskopes überhaupt, zur Untersuchung von ausgedehnten, keiner Vergrösserung bedürftigen Objecten, in welchem Falle man das Objectiv des Mikroskopes am besten weglässt und das homogene Object, wie z. B. eine Farb- oder Blutlösung in einem passenden, jedenfalls unten durchsichtigen Gefässe auf den Objecttisch oder in einem Probegläschen oder Fläschchen in die Klammer des Vergleichsprismas (Fig. 366 *E*) bringt. Endlich kann das Mikrospectralocular dem Praktiker direct als Ersatz eines Taschenspectroskopes dienen. Es wird dies besonders dort am Platze sein, wo zwar sehr grosse Flüssigkeitsmengen zur Verfügung sind, aber den absorbirenden Farbstoff voraussichtlich nur in geringer Menge enthalten, wie dies z. B. mitunter bei blutenthaltenden Harnen der Fall sein kann. In einem solchen Falle erkannte ich die in Fig. 367 *I* ersichtlichen, für Blut charakteristischen Oxyhämoglobinstreifen α und β am deutlichsten, indem ich einfach die ganze zur Verfügung stehende Harnmenge, ungefähr $^1/_4$ Liter, in ein Batterieglas, wie solche zu den Leclanché-Elementen der Haustelegraphen benützt werden, einfüllte und nun von der Seite her, das Mikrospectralocular einfach in der Hand haltend und es an eine abgeflachte Seitenwand des Glases, nahe am Boden desselben drückend, durchblickte. Es werden durch diese einfache Methode alle Eindampfungs- (Einengungs-) Methoden, die überdies von sehr vielen organischen Farbstoffen nicht vertragen werden, überflüssig gemacht.[1])

Aber nicht nur bei der Harnuntersuchung, die bei kleineren und

---

[1]) Auch auf Urobilin lässt sich Harn auf die angegebene Weise untersuchen. Urobilin, ein Oxydationsproduct der Gallenfarbstoffe, welches sich im Fieberharn in grösserer Menge findet, zeigt, wenn der Harn sauer reagirt oder angesäuert wird, um *F* herum ein breites Absorptionsband. Vergl. Eman. Senft, Praktikum der Harnanalyse, Wien, Verlag von Josef Šafař, 1903, S. 126.

dann verengern, den Amici-Körper wieder vorschalten und nun durch das Mikrospectroskop blicken. Solche Uebungen sind sehr empfehlenswerth. Immer werden sich bei Oxyhämoglobin zwei Absorptionsstreifen zwischen den Frauenhofer'schen Linien *D* und *E* und eine Verdunkelung im Violett, welch letztere am leichtesten durch Vergleich mit dem Sonnenspectrum (Anwendung des Vergleichsprismas) deutlich zur Anschauung gelangt, zeigen.[1]) In fast allen wissenschaftlichen Werken findet man die Angabe, dass das Spectrum der ammoniakalischen Carminlösung oder auch einer Pikrocarminlösung (sehr stark verdünnt) dem Oxyhämoglobinspectrum gleiche. Ich habe die verschiedenartigsten Carminlösungen, sowohl aus Cochenille selbst bereitete, als aus käuflichem Carmin hergestellte untersucht und nur eine geringe Aehnlichkeit gefunden. Hier zeigt sich die Wichtigkeit der Anwendung des Vergleichsprismas: Wer die Spectren der Carminlösung und Blutlösung wirklich übereinander vergleicht, kann sie nicht verwechseln. Die beiden Streifen der verdünnten Carminlösung sind viel breiter als jene des Hämoglobins, stehen näher zusammen und haben die Tendenz, bei gesteigerter Schichtendicke der Flüssigkeit ganz in ein schwarzes Band zu verschmelzen. Es wäre zu weitläufig, die Unterschiede hier erschöpfend anzuführen. Uebung macht auch hier den Meister. Für den Ungeübten sei darauf hingewiesen, dass bei Oxyhämoglobin durch reducirende Mittel, wie z. B. Schwefelammonium, das womöglich frisch bereitet (in jeder Apotheke erhältlich) tropfenweise zugesetzt wird, sogleich die beiden Streifen bei *D* und bei *E* zu einem breiten Bande zusammenfliessen und sich das Spectrum so darstellt, wie in Fig. 367 III (reducirtes Hämoglobin), weil dem Oxyhämoglobin Sauerstoff entzogen wird, es also zu Hämoglobin reducirt wird. Statt Schwefelammonium kann man auch andere reducirende Substanzen benützen, z. B. Schwefelnatrium oder eine 50procentige Lösung des Hydrazinhydrates u. a. m. Bei Carmin wird natürlich diese Erscheinung ausbleiben. Schüttelt man die Hämoglobinlösung mit Luft, so nimmt das Hämoglobin wieder Sauerstoff auf und es bildet sich wieder Oxyhämoglobin mit den zwei charakteristischen Streifen. Im menschlichen Körper nimmt eben das Blut in Folge seines Hämoglobingehaltes in der Lunge bei der Athmung Sauerstoff auf, es wird hell (arterielles Blut). Im Körper gibt es dann den Sauerstoff ab, zum Theil wird Kohlensäure gebildet (die übrigens auch vom Hämoglobin in gewisser geringer Menge aufgenommen wird) und ausgeathmet, das des Sauerstoffes zum grössten Theile entledigte dunkle (venöse) Blut enthält nun hauptsächlich Hämoglobin. Ebenso leicht wie Sauerstoff nimmt das Hämoglobin auch Kohlenoxyd, das giftige Gas, welches sich im Kohlendunste und zu fünf Procent im Leuchtgase findet und schon viele Opfer durch schlecht ziehende Oefen oder schlecht schliessende oder offen gelassene Gasleitungen gefordert hat, in sich auf und bildet das Kohlenoxydhämoglobin, dessen spectrale Erscheinung wir in Fig. 367 II abgebildet haben. Wir sehen, dass die Streifen α und β etwas näher gegen das violette Ende zu und etwas enger beisammen stehen. Leiten wir Leuchtgas durch eine Blutlösung, die in einer Flasche mit einem doppeltgebohrten Stöpsel, durch welchen ein Rohr auf den Boden reicht, ein zweites, sehr langes und oben an der Spitze verengtes bis unter den Stöpsel, sich befindet, so beginnt die Flüssigkeit sich etwas heller roth zu färben.[2])

[1]) Auf dieses Verhalten des Blutfarbstoffes hat Hoppe-Seiler im Archiv für pathol. Anat. und Physiol. auf S. 446 des XXIII. Jahrg. 1862 zuerst hingewiesen.

[2]) Die in manchen sonst guten populären Werken, z. B. Prof. Johannes Ranke's physiologischer Skizze „Das Blut", München 1878, sich findende Angabe, das Kohlenoxydblut sei dunkel gefärbt und dem venösen ähnlich (S. 144 des citirten Werkes), ist falsch. Die helle Farbe des Kohlenoxydblutes ist vielmehr so charakteristisch, dass sie sogar den Leichen von Personen, die direct im Kohlendunst erstickt sind, ein eigenthümlich frisches Aussehen verleiht, wie ja dies die Gerichtsärzte auch als Merkmal des im Kohlendunste erfolgten Todes anführen.

ist erschöpfend unter Angabe aller Quellen behandelt in Eduard R. v. Hoffmann's Lehrbuch der gerichtlichen Medicin, 9. Aufl., herausgegeben vom Wiener Prof. Dr. Alexander Kolisko, S. 434 u. ff. bezüglich des Blutes und auf S. 733 bezüglich des Kohlenoxydblutes. Wir können natürlich in diesem Leitfaden bei diesem Thema nicht allzu lange verweilen, wollen aber noch Einiges, was für den Praktiker von Wichtigkeit ist, erwähnen. Aeltere Blutflecken und auch ältere Blutlösungen werden braunroth, und es zeigt sich, bevor noch erstere so alt sind, dass sie in Wasser unlöslich geworden sind, bei Betrachtung im Spectrum nebst den Oxyhämoglobinstreifen noch ein Streifen im Orange, der bei der sehr zusammengedrängten Lage der Linien des Spectrums am rothen Ende im Mikrospectraloculare schon im rothen Theil, bei der Frauenhofer'schen Linie C zu liegen scheint. Es scheint eine höhere Oxydationsstufe des Oxyhämoglobins vorzuliegen, da auf reduzirende Zusätze, ja schon auf einen Tropfen Ammoniak das Band bei C verschwindet und das Oxyhämoglobinspectrum wieder erscheint. Diese Stufe des Blutfarbstoffes nennt man Methämoglobin, das eine Zwischenstufe zum Hämatin sein dürfte. Ganz alte Blutflecke, besonders wenn sie dem Lichte ausgesetzt waren, zeigen sich in Wasser ganz unlöslich, ebenso in Boraxlösung, sie sind in Hämatin übergegangen, das in Essigsäure (auch in mit Eisessig angesäuertem Alkohol), besonders wenn es damit erhitzt wird, sich löst und als Hämatin in saurer Lösung ein Absorptionsband zeigt, wie es in Fig. 367 IV abgebildet ist. Die Beschattung des grünen und blauen Spectraltheiles zwischen Linie F und über E hinaus gegen Wellenlänge 550 ist in unserer Dreifarbendrucktafel kaum zu sehen und auch in Wirklichkeit kann sie, wenn man nicht ein Vergleichsspectrum zu Hilfe nimmt, vom Ungeübten leicht übersehen werden. Die Verkürzung des Spectrums, besonders des rothen Endes, macht gerade Absorptionsstreifen, die gegen Roth zu liegen, wie dies beim Streifen α in Fig. 367 IV der Fall ist, ebenfalls schwerer wahrnehmbar. In grossen Spectroskopen erscheint beim Säurehämatin im äussersten Roth ein breiter bandartiger Streifen, dann ein Band zwischen F und 550 (im Mikrospectroskop wegen der Dunkelheit des Violett scheinbar über F ins Violett sich erstreckend), welches eigentlich aus zwei Bändern besteht, einem dunkleren bei F und einem minder dunklen um E herum, weiters einem sehr blassen, schwer sichtbaren Streifen bei D. Zu bemerken ist, dass alle diese Spectralbilder je nach Concentration der Lösung und Dicke der Schicht sich verschieden darstellen, was die Schärfe und Intensität der Bänder anbelangt. Man halte sich vor Augen, dass, wenn man z. B. eine Oxyhämoglobinlösung verdünnt, zuerst der Streifen bei E herum blässer wird, um dann ganz zu verschwinden, während der bei D noch bestehen bleibt, bis bei weiter fortgesetzter Verwässerung auch dieser seine Sichtbarkeit einbüsst. Beim Säurehämatin verschwindet bei Verdünnung zuerst der Streifen bei D, am längsten hält sich (auch bei Betrachtung im Mikrospectroskop) die Beschattung um F herum. Man kann, wenn genug Substanz vorhanden ist, das Säurehämatin eindampfen, bis eine braune Kruste zurückbleibt. Diese wird sorgfältig in frischer Kalilau gegelöst und gibt die alkalische Hämatinlösung, die eine eigenthümlich ins Olivengrün schillernde braune Färbung zeigt. Vor dem Spectroskop zeigt sie neben der Verdunklung des blauen Theiles einen in Fig. 367 V mit β bezeichneten, mehr weniger verschwommenen Streifen zwischen C und D. Bei Anwendung von nicht chemisch reiner Cyankaliumlösung statt der Kalilauge erhält man ebenfalls eine alkalische, aber mehr röthliche oder rothbraune Hämatinlösung, die ein ähnliches Band im Grün zeigt, wie reducirtes Hämoglobin (Fig. 367 III γ). Setzt man einer solchen Lösung ein Reductionsmittel zu (Schwefelammonium, Schwefelnatrium, Hydrazin), so erscheint ein dem Kohlenoxydhämoglobin-

sich durch irgend eine Vereinbarung diese Untersuchungsmethode auch für mikrospectral zu untersuchende Mengen (etwa durch colometrische Bestimmung mit Hilfe eines Capillarmischrohres und Zugrundelegung der Färbung einer kleinen Menge, etwa 10 *cmm*, leicht zu erlangenden Schweineblutes, statt eines künstlichen Farbstoffes, gemischt mit 100 *cmm* destillirten Wassers) praktisch brauchbar machen liesse. Oft genug handelt es sich um genügend frische Blutspuren, die die Oxyhämoglobinstreifen erkennen, also auch deren Verschwinden bei Zusatz einer entsprechend geringen Menge verdünnter Kalilauge von ebenfalls durch Vereinbarung der interessirten wissenschaftlichen Kreise festzusetzender Concentration beobachten lassen. Allerdings scheint der sogenannte hier nicht näher zu erörternde biologische Blutnachweis, der auf den Untersuchungen Uhlenhut's, Wassermann's und Schütze's über die schon von Bordet, Tsistovitsch und Wolf im Pasteurinstitut zu Paris entdeckten, verschiedenem Thierblute eigenthümlichen Präcipitine basirt, die Ziemke'sche Methode nicht zu jener Bedeutung kommen zu lassen, die ihr wegen ihrer leichten, wenig Zeit und kein besonders präparirtes Thiermaterial erfordernden Ausführbarkeit gebühren dürfte.

Selbst die umständliche, aber recht genaue spectrophotometrische Methode Magnanimis, deren wir gedacht haben, dürfte z. B. in der Provinz, wo gerichtlich-medicinische Institute fehlen, die stets mit Menschenblutserum injicirte Kaninchen vorräthig haben müssen, um bei jedem eintretenden Fall zur biologischen Probe gerüstet zu sein — schneller eine auftauchende Frage, ob Menschen- oder Thierblut vorliegt, zu beantworten im Stande sein, als wenn entweder erst dem Kaninchen mindestens sechs Tage vor Benützung Menschenserum eingespritzt, also mit der Untersuchung fast eine Woche zugewartet oder das zu untersuchende Object nach der Hauptstadt gesendet werden muss, wobei, ganz abgesehen davon, dass unter der Verzögerung oft Verdächtigte unschuldigerweise zu leiden haben, besonders im präforensischen Verfahren, wo man die richtige Spur erst sucht, kostbare Zeit verloren geht, ehe man weiss, woran man ist. Selbstverständlich soll durch diese Worte die allgemein anerkannte Methode Uhlenhut's, Wassermann's und Schütze's nicht im Geringsten herabgesetzt werden. Dem Verfasser handelt es sich, wo immer ein Verfahren eine allgemeinere Verbreitung finden kann, ohne Voraussetzung grosser Vorbereitungen, wie sie nur gut dotirte Institute aufweisen können, darum, dieses Verfahren hervorzuheben, die Gründe, die mich hiezu veranlassen, habe ich auf S. 307 u. ff. dieses Buches auseinandergesetzt. Ich halte es deshalb auch nicht für überflüssig, hier ein sehr vollkommenes, zu spectrophotometrischen Untersuchungen bestimmtes Instrument in der Ausführung von Carl Zeiss in Jena kurz zu besprechen. Es ist dies das Mikrospectralphotometer nach Engelmann (Fig. 371 und 372), von ihm selbst „Mikrospectrometer" genannt, zur quantitativen Mikrospectralanalyse, nach den Principien der Vierordt'schen Spectrophotometer. (S. Zeitschr. f. wissensch. Mikrosk. Bd. 5, S. 289, 1889.) — Auf den Tubus des Mikroskops wird an Stelle des Oculars mittelst der Röhre R der Kasten A aufgesetzt, welcher zwei unabhängig von einander bewegliche Spalte conaxial nebeneinander liegend enthält, die mittelst entgegengesetzt geschnittener Schrauben symmetrisch geöffnet und geschlossen werden können. Die Weite jedes Spaltes wird an den Trommeln T und T' auf 0·01 *mm* genau direkt abgelesen, auf 0·001 *mm* bequem geschätzt. Der eine Spalt wird von dem Bilde des zu untersuchenden Objectes ausgefüllt, der andere erhält mittelst eines über ihm angebrachten Reflexionsprismas und seitlichen Röhrchens d mit Collimatorlinse, Blendungsträger n und Spiegel S (bezw. Glühlämpchen) Licht von der Vergleichslichtquelle.

In die obere Oeffnung des Kastens A lässt sich entweder ein Ocular

eingestellt ist, gleich macht. Aus dem Verhältniss der beiden an den Trommeln T und T' abzulesenden Spaltweiten ergibt sich direct das Verhältniss der Lichtabsorption an den einzelnen verglichenen Stellen und man kann daraus z. B. bei Lösungen desselben Stoffes in der Flüssigkeit auf die Concentration schliessen oder, wie in unserem Falle, durch Hinzufügen oder Verdünnen einer Lösung, bis gleiche Lichtabsorption eintritt, dieselbe spectral vergleichbar machen, z. B. indem man eine Thierblutlösung der zu untersuchenden Lösung, mit der sie verglichen werden soll, an Gehalt absorbirender Stoffe gleich macht, also denselben Erfolg genauer erreicht, als dies durch die colorimetrische Methode erzielt werden kann. Natürlich kann das Mikrospectralphotometer auch noch zur Lösung anderer wissenschaftlicher Fragen herangezogen werden, doch dürfte der Praktiker weniger Interesse an diesen Anwendungsarten haben, weshalb wir hier auf dieselben nicht näher eingehen zu müssen glauben.

Die bisher besprochenen Apparate beruhen auf der Erzeugung eines Spectrums im Bereiche des beobachtenden Auges (subjectives Spectrum), die im Folgenden zu besprechenden Apparate beleuchten sozusagen das Object mit den verschiedenen Spectralfarben (objectives Spectrum), sie sind also eigentlich Beleuchtungsapparate und werden so wie der Abbe'sche Beleuchtungsapparat unter dem Objecttische angebracht. Da das früher an den grossen Stativen angebrachte centrirbare Substage (Fig. 34 auf S. 58 d. B.) jetzt nicht mehr, auch nicht an grossen Stativen, angebracht zu werden pflegt, die spectralen Beleuchtungsapparate aber eine sehr präcise Centrirung erfordern, so liefert die Firma Zeiss und andere zu solchen spectralen Nebenapparaten, die ein Spectrum in der Objectebene entwerfen sollen, einen eigenen „Centrirkopf“ (Fig. 373), der genau so construirt ist, respective auf denselben mechanischen Hilfsmitteln (Schraube und Gegenfeder) beruht, wie das von uns oben auf S. 58 in Fig. 34 abgebildete „Substage“, nur dass letzteres dazu diente, Condensoren und Blenden älterer Construction aufzunehmen und zu centriren, während ersterer in das Gestell des Abbeschen Beleuchtungsapparates neuerer Construction eingesetzt und mit ihm gehoben und gesenkt werden kann. Er lässt sich also mit der am Abbe-Gestell befindlichen Zahn- und Triebbewegung sammt den in ihn eingesetzten Apparaten in die Objectebene einstellen. Die Apparate erfordern bei den mittleren Stativen ein Umlegen des Obertheiles, da bei diesen die Tischhöhe nicht gross genug ist. Der obere Theil des Centrirkopfes ist in die Schiebhülse des Condensors einzuschieben, der untere ist neuerdings mit den Apparaten zur Erzeugung eines objectiven Spectrums fest verbunden. Bei diesen Apparaten kann entweder ein so grosses Spectrum in die Objectebene projicirt werden, dass das ganze Gesichtsfeld in einer einzigen Spectralfarbe, also durch monochromatisches Licht erleuchtet ist, oder ein so kleines, dass selbst bei stärkeren Vergrösserungen die Objecte gleichzeitig unter der Einwirkung der verschiedenen Spectralbezirke beobachtet werden können. Da diese Apparate gegenwärtig in der Praxis noch wenig Anwendung gefunden haben, so genügt es, ihre Construction und Anwendung kurz zu beschreiben, und zwar unter Zugrundelegung der tonangebend gewordenen Ausführungsform des Zeiss'schen optischen Institutes. Zur Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes mit einer Spectralfarbe dient der Beleuchtungsapparat für monochromatisches Licht nach Hartnack (Fig. 374). Das vom Spalte Sp ausgehende Licht wird durch die Collimator-

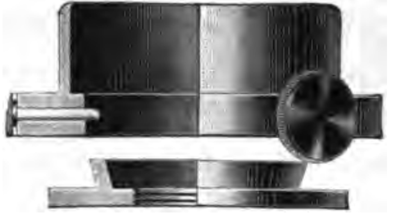


Fig. 373.

Engelmann hat nicht nur die Bakterien als Reagentien auf den im Tageslichte von den Chlorophyllkörnern der Algenzellen producirten Sauerstoff, so wie dies in diesem Buche auf S. 358 u. ff. beschrieben ist, benützt, sondern auch seine Studien über die relative Grösse der Sauerstoffausscheidung chlorophyllhaltiger Zellen in den verschiedenen Teilen des Spectrums mittelst des eben beschriebenen Mikrospectralobjectivs angestellt. Praktische Bedeutung haben indess die beiden vorgenannten Apparate nicht gewonnen.

Selbst in der bald zu besprechenden mikrophotographischen Technik, bei welcher die monochromatische Beleuchtung der Objecte eine grosse Rolle spielt, erzielt man eine solche meist auf einfachere Weise in genügendem Grade durch Vorschaltung sogenannter Lichtfilter. Wichtiger für die Praxis ist der folgende Apparat, welcher wohl in die Kategorie der Polarisationsapparate gehört und daher eigentlich hätte im vorigen Abschnitte behandelt werden können, da er jedoch auf der spectralen Zerlegung der durch Krystallplatten erzeugten Interferenzfarben beruht und die Kenntniss der Principien, auf denen die Spectralapparate beruhen, voraussetzt, besser erst

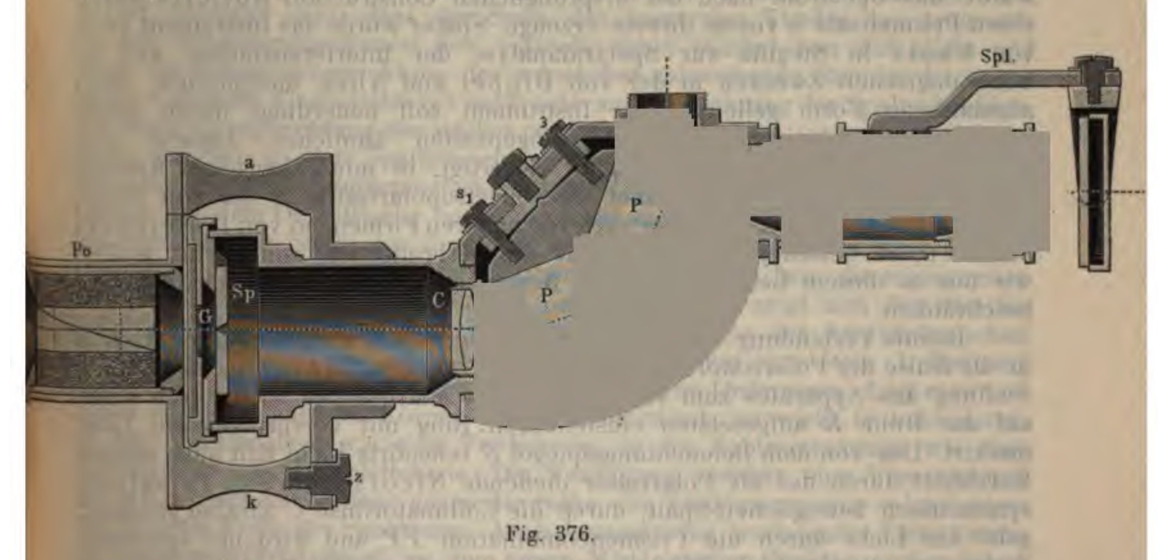


Fig. 376.

hier zur Besprechung gelangt. Es ist dies der in Fig. 376 abgebildete Spectropolarisator nach Rollett (Zeitschr. f. Instrkde., Bd. I, S. 366, 1881), in der von Dippel (Mikroskop. S. 619) modificirten Construction zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung in mikroskopischen Präparaten für Licht bestimmter Wellenlänge. Er besteht aus einer Prismencombination, nämlich aus zwei Flintglasprismen *PP*, welche eine Ablenkung von 90° ergeben, verbunden einerseits mit einem beweglichen Spalt *Sp* und der Collimatorlinse *C*, andererseits (bei *O*) mit einem Mikroskopobjectiv, welches von unten auf das zu untersuchende Präparat ein reelles Spectrum projicirt. An dem Prismengehäuse ist das Scalenrohr *Sk* mit Beleuchtungsspiegel, Projectionslinse und einer nach der Wellenlänge getheilten und bezifferten Scala, deren reelles Bild mittelst Reflexion an einer Prismenfläche gleichzeitig mit dem Spectrum in die Einstellungsebene projicirt wird, angebracht. Die Backen des Spaltes *Sp* werden durch eine in der Abbildung nicht sichtbare Schraube symmetrisch bewegt, so dass die Mitte des Spaltes stets denselben Ort einnimmt. Vor dem Spalt ist an einem drehbaren Arm *k*

stellung der Scalenstriche auf das projicirte Spectrum geschieht durch Verschieben der Scala in der Richtung ihrer Rohraxe; die Parallelstellung der Striche mit den Frauenhofer'schen Linien dagegen durch Drehung der Scala in ihrer Ebene.

Mit Hilfe der Justirschrauben *s* und *s'* kann durch Neigen der Prismen die einer Frauenhofer'schen Linie entsprechende Stelle der Scala mit ersterer zur Coincidenz gebracht werden.

Wir haben bei Beschreibung des Mikrospectraloculars erwähnt, dass Fuess sein Mikrospectralocular so einrichtet, dass man zur Beobachtung von Interferenzfarben von Krystallen einen Analysator aufsetzen kann. (C. Leiss, Opt. Instr. S. 222.) Auch bei Anwendung des Spectropolarisators muss natürlich, wenn er zur Beobachtung der spectralen Zerlegung der Interferenzfarben dienen soll, das Mikroskop mit einem Analysator versehen sein. Die sonstige Anordnung ist jedem Leser dieses Buches verständlich, wenn er den die Polarisationsapparate am Mikroskope behandelnden Abschnitt studirt hat. Analysator und Polarisator müssen gekreuzt, das Gypsplättchen in *G* durch Drehung des betreffenden Fassungsringes, in den es eingelegt wird, derart orientirt sein, dass der Spalt des spectralen Theiles des Apparates zu den Schwingungsebenen der +Nicols einen Winkel von 45° bildet und dann die Schwingungsrichtung des schwächer gebrochenen Strahles der Gypsplatte (kleinere Elasticitätsaxe) senkrecht auf die Richtung der Spaltschneiden, die Schwingungsrichtung des stärker gebrochenen Strahles, (grösste Elasticitätsaxe), parallel zu den Spaltschneiden zu stehen kommt. Ist alles so justirt, so sieht man die Interferenzfarben des Gypsplättchens (so lange noch kein Object auf dem Objecttische liegt) spectral zerlegt, das heisst es erscheinen im Spectrum an Stelle der durch die Interferenz ausgelöschten oder in ihrer Intensität abgeschwächten Spectralfarben dunkle Streifen, die sogenannten Müller'schen Streifen. Für Roth I. und II. Ordnung zeigt sich der Streifen bei Wellenlänge 490, bei Roth III. Ordnung bei 495 $\mu\mu$ der Angström'schen Scala. Wie schon erwähnt, stellt sich der Streifen des Roth I. Ordnung minder scharf dar als jener des Roth der höheren Ordnungen. Legt man nun einen doppelbrechenden Körper auf den Objecttisch, so wirkt er bekanntlich in der Additionslage wie eine Verdickung, in der Subtractionslage wie eine Verdünnung des Gypsplättchens. Die Verdickung bewirkt eine Verschiebung des Müller'schen Streifens gegen das rothe, die Verdünnung eine solche gegen das violette Ende des Spectrums. Auch kommen bei wachsender Dicke (wenn die Interferenzfarbe steigt) zu dem einen Müller'schen Streifen andere hinzu und vertheilen sich immer gleichmässiger über das Spectrum, bis schliesslich bei neun Interferenzstreifen das Gesichtsfeld weisslich erscheint. Diese Erscheinungen treten auch bei Untersuchung weniger klarer Mineralschliffe oder organischer Gewebe noch deutlich hervor, wenn man intensives Licht verwendet, zum Beispiel directes Sonnenlicht, das man in einem gerade zur Beleuchtung des Apparates genügenden Bündel in ein sonst verdunkeltes Zimmer mittelst eines durch ein Uhrwerk dem Sonnenstande automatisch folgenden Spiegels („Uhrwerksheliostaten", bei Zeiss, Fuess, C. Reichert u. A. m. zu haben) wirft. Die Angström'sche Scala beleuchtet man in solchem Falle durch Lampenlicht und kann dann den Spiegel *Spl* (Fig. 376) abnehmen oder zur Seite drehen. Die beleuchtete Scala wird zunächst ohne Einschaltung des Gypsplättchens, nachdem man das Spectrum durch Heben oder Senken des Substages, in dem sich der Centrirkopf (Fig. 371) befindet, scharf in die Objectebene eingestellt hat, dass die Frauenhofer'schen Linien zu sehen sind, in der bekannten Weise justirt, respective durch vorsichtiges Drehen der Schräubchen *s* und s_1 des Spectropolarisators die Linie *D* mit 589 der Scala zusammenfallend gemacht. Spectrum und Scala

Apparate zur Mikrophotographie.

I. Allgemeines.

Wohl auf keinem Gebiete der Mikrotechnik begegnet man so verschiedenen einander widersprechenden Ansichten, als auf jenem der Mikrophotographie. Der eine Autor hält nur den horizontalen Apparat für geeignet, praktisch und wissenschaftlich zu arbeiten, der andere verwirft den horizontalen Apparat als zu umständlich und behauptet, in allen Fällen mit dem verticalen Apparate auszukommen. Ganz bedeutende Mikrophotographen empfehlen die Selbstanfertigung mikrophotographischer Instrumentarien aus Kisten und gewöhnlichen Reisecameras und betonen, dass sie selbst mit solchen Improvisationen die besten Resultate erzielt hätten, andere wieder halten subtil gearbeitete, nach einem einheitlichen Plane verfertigte Apparate für unumgänglich nothwendig. Noch grössere Differenzen herrschen in Bezug auf die anzuwendenden photographischen Trockenplatten und Entwickler. Unser Standpunkt muss in diesem Leitfaden der des Praktikers sein, der sich der Mikrophotographie zur Fixirung des Anblickes, den schwer conservirbare Präparate bieten (z. B. Präparate von frischem Blut), oder zur Demonstrirung gewisser Einzelheiten bei der Begründung von Sachverständigengutachten bedienen will oder endlich Aufschlüsse vom Bilde erwartet, die der unmittelbare Anblick nicht zu geben vermag, weil das menschliche Auge für die ultravioletten Strahlen, die doch als die kurzwelligsten des Spectrums für die Wahrnehmung sonst jenseits der Grenze der mikroskopischen Wahrnehmbarkeit liegender Details am günstigsten wären, nicht empfindlich ist, wohl aber die photographische Platte. Man missverstehe mich nicht: Wenn auch die Mikrophotographie für instructive Studien die schematische Zeichnung, welche alles Störende hinweglässt und das zu Demonstrirende hervorhebt, nicht zu verdrängen vermag, zeigt sie uns doch meist wahrhafte, objective Bilder des Gesehenen, ja noch mehr, sie zeigt uns, ermöglicht durch die dem menschlichen Auge direct nicht wahrnehmbaren, aber chemisch noch wirksamen Strahlen, Details an manchen Bildern, welche ohne Photographie verborgen geblieben wären. Leider sind die mikrophotographischen Studien lange vernachlässigt worden und deshalb sind hier wohl noch keine solchen Erfolge zu verzeichnen wie in der Astrophotographie, wo die photographische Platte Sterne zeigte, welche die besten Refractoren dem menschlichen Auge nicht einmal anzudeuten vermochten. In dieser Hinsicht dürfte das später zu besprechende, von Dr. A. Köhler, Mitarbeiter des Zeiss'schen Institutes in Jena, im Vereine mit seinem Collegen Dr. M. von Rohr zusammengestellte Instrumentarium zur Mikrophotographie in ultraviolettem Lichte vielleicht die Versäumnisse von vielen Jahrzehnten in Kürze nachzuholen gestatten. Die Mikrophotographie ist nämlich beinahe älter als die eigentliche Photographie selbst, denn nach Dr. B. Benecke in Königsberg (Vorwort zu dem aus historischen Rücksichten für jeden Mikroskopiker sehr lesenswerthen Buche Dr. A. Moitessier's: „Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung", deutsch bearbeitet und erweitert von Dr. Berthold Benecke, Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn 1868) soll der berühmte Davy (1803) versucht haben, mittelst Papieres, welches mit Silbersalzen imprägniert gewesen ist, Mikrophotographien anzufertigen, aber da man damals kein Mittel kannte, das unzersetzt gebliebene Silber wegzuschaffen (Fixirmittel), so konnten diese Versuche keinerlei brauchbare Resultate ergeben, auch war das Silberpapier sehr wenig empfindlich. Selbst

so haben Dr. R. Neuhaus' mit Hilfe von Reisecameras, Hilfstuben u. dergl. selbstangefertigte Instrumentarien Anlass zur Anfertigung gewisser Formen der horizontalen mikrophotographischen Apparate durch Zeiss, Klönne & Müller in Berlin u. A. m. gegeben, die sich durch guten Gang aller beweglichen Theile, und genaueste axiale Zusammensetzung der einzelnen Bestandtheile auszeichnen. Wer aber Gelegenheit gehabt hat, jemals einen noch so vollkommenen mikrophotographischen Apparat noch dazu nach der meist beiliegenden genauen Anleitung selbst zusammenzustellen und zu centriren, etwa wenn er mittelst Post ins Haus gebracht wurde, der kann sich einen Begriff von der Zeitversäumnis und der nöthigen Dosis Geduld machen, wenn an sich gar nicht zusammengehörige Apparatenbestandtheile zusammengesetzt werden sollen.[1]) Wir wollen daher lieber die Principien der Mikrophotographie im Allgemeinen kurz, und zwar nur, insoweit sie von den Grundsätzen der üblichen Trockenplattenphotographie abweichen, erörtern und einige Typen gebräuchlicherer mikrophotographischer Apparate, beziehungsweise deren Bestandtheile in Wort und Bild vorzuführen. Jeder Katalog bringt neue Modelle, und da denselben meist eine specielle Gebrauchsanweisung beigegeben wird, scheint eine ausführliche Anleitung zur Montirung und Centrirung solcher Apparate überflüssig zu sein. Für den Praktiker dürften billigere Instrumentarien für die Benützung von achromatischen Objectiven und gewöhnlichen Ocularen genügen, es ist ja hier das ohnehin zur Verfügung stehende Mikroskop doch die Hauptsache. Dies führt uns zur Besprechung der optischen Behelfe der Mikrophotographie.

II. Objective und Oculare zur Mikrophotographie.

Jedes Mikroskop entwirft, wie ja schon aus den anfangs dieses Leitfadens dargelegten optischen Gesetzen folgt, in der sogenanten mechanischen Tubuslänge, das ist der Länge (in Millimeter) vom untersten Rande des Tubus bis zum Rande, auf welchem das Ocular aufsitzt (optische Tubuslänge ist die Distanz vom Brennpunkte des Objebtives bis zu jener des Oculares) ein deutliches Bild. Diese Tubuslänge beträgt für unsere gewöhnlichen Objective und die meisten Apochromaten auf dem Continente 160 *mm*. Ein wirklich ganz deutliches Bild kann also nur 160 *mm* über der Ansatzstelle des Ocjectives entstehen. Mit dem Ocular zusammen entsteht ein System von Linsen, welches ein reelles Bild innerhalb der Ocularblende entwirft. Dieses Bild wird beim Mikroskopiren mittelst der Augenlinse des Oculares betrachtet wie durch eine Lupe. Soll nun das Bild ohne Ocular auf einer matten Glastafel oder sonstwie aufgefangen werden, so wäre natürlich die günstigste Entfernung 160 *mm*, doch würde in dieser Entfernung das Bild sehr klein sein. Es macht aber auch nicht viel, wenn es etwas weiter aufgefangen wird. Dann wird es auch grösser. Ueber eine gewisse Entfernung hinaus wird das Bild ganz und gar unscharf, abgesehen von der Lichtschwäche. Bei Anwendung gewöhnlicher Objective ist eine Bildweite, also Länge der Camera von mehr als 1·5 *mm* selbst bei directem Sonnenlicht nicht zu empfehlen. Mit dem gewöhnlichen Ocular erhält man bei scharfer Einstellung für das Auge auch keine ganz scharfen Bilder auf der Mattscheibe der Camera; will man das Ocular möglichst ausnützen, so muss man die Augenlinse verschiebbar machen, wie dies z. B. bei den Mikrometerocularen der Fall ist. Man kann dann die Augenlinse von der Ocularblende entfernen und die Augenlinse als Projectionslinse anwenden, so dass die Ocularblende, in der ja das Objectiv und Collectiv das reelle vergrösserte Bild entwirft, nicht mehr innerhalb, sondern ausserhalb der

[1]) Wir meinen hier insbesondere die grossen horizontalen Apparate. Verticale Apparate haben den Vorzug, dass sie leichter richtig zusammenzustellen und zu benützen sind. Davon später.

Laboratorium der Firma **Leitz** in Wetzlar mit gewöhnlichen Objectiven und Ocularen gemachten trefflichen Aufnahmen widerlegt worden. Die Methode werden wir später kennen lernen. Bei Vergrösserungen von 10 bis 50 wird man allerdings die heute von den meisten grösseren Firmen, aber unstreitig am vollkommensten von **Zeiss** in Jena angefertigten **Mikroplanare** oder ähnliche photographische Objective benützen müssen, wie solche z. B. die Firma **Fuess**, in Steglitz zu ihrem Lupenmikroskop liefert. Die Mikroplanare, das sind symmetrisch construirte mikrophotographische Objective aus vier getrennten Linsen, erhält man in Brennweiten von circa 20 bis 100 *mm*, die mit den Nummern 1 bis 5, je nach der verschiedenen Vergrösserung, bezeichnet sind. Die früheren Projectionsobjective fertigt **Zeiss** nicht mehr. Da diese sehr theueren Mikroplanare eine beschränkte Anwendung haben, zu ihrer Ausnützung einen besonders weiten, zur Vermeidung störender Lichtreflexe innen sorgfältig geschwärzten Mikroskoptubus erfordern, wie ihn das alsbald zu besprechende neue mikrophotographische Stativ hat, so dürfte der Praktiker sich mit dem später zu beschreibenden **Fuess**'schen Lupenmikroskop für Photographie umso eher behelfen, als ja dessen Camera, wie wir sehen werden, auch zur Noth für alle anderen dem Praktiker vorkommenden mikrophotographischen Aufnahmen ausreicht.

III. Die Mikroskopstative zur Mikrophotographie.

Jedes Mikroskopstativ mit **guter** Mikrometerschraube kann zur Aufnahme von Präparaten in Vergrösserungen von 50mal linear aufwärts dienen. Leider bleibt bei den meisten älteren Stativen die Mikrometerschraube während der Aufnahme nicht so stehen, wie sie bei der Einstellung stand. Besonders bei horizontalen Apparaten, die eine von der Camera nicht so, wie es **Neuhaus** fordert, durch Aufstellung auf besonderem Tische getrennte Camera besitzen, überträgt sich die beim Einsetzen der Cassette in die Camera und Aufziehen des Cassettenschiebers unvermeidliche Erschütterung auf das Mikroskop. Auch die sogenannte „**elastische Nachwirkung**" der Mikrometerschraube kann ohne jede Erschütterung, wie man sich leicht überzeugen kann, das Bild unscharf machen. Viele Mikrophotographen rathen daher, nach schärfster Einstellung den Apparat eine Viertelstunde ruhig stehen zu lassen, ohne im Zimmer herumzugehen, und dann die scharfe Einstellung zu corrigiren. Erst wenn das Bild ruhig stehen bleibt, soll dann die Cassette eingesetzt werden. Die dabei erfolgende Erschütterung löst aber bei den bisher üblichen Mikrometerschraubensystemen stets wieder die elastische Nachwirkung aus, und es ist dann blos ein Zufall, ob man bei starken Vergrösserungen trotz aller Mühe und Plage endlich ein scharfes Bild erzielt. Bei schwächeren Vergrösserungen ist die Weite des grösseren Tubus zu klein, um das ganze Gesichtsfeld auszunützen, besonders die **Mikroplanare** erfordern einen sehr weiten Tubus, wie schon erwähnt wurde. Alle diese Umstände haben die tonangebende Firma **Zeiss** veranlasst, ein besonderes **mikrophotographisches Stativ** zu construiren, bei dem eine neuartige Mikrometerschraube die genaue und bleibende Einstellung des zu photographirenden Objectbildes mehr als bisher sicherstellt, eine weite Ausladung des Tubus auch die umfangreichsten Präparate auf dem Objecttische unterzubringen gestattet und ein

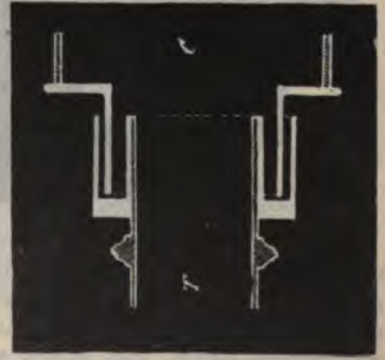


Fig. 378.



Fig. 379.

henkelartiger Griff das Herumtragen und Umstellen des Instrumentes erleichtert, alles Vortheile, die einem Mikroskopstative auch sonst, für nich photographische Verwendung, zur Empfehlung gereichen, was Wunder, dass diese Neuerungen im Stativbau von allen massgebenden Firmen aufgegriffen und theils einzeln, theils vereint zur Construction sogenannter „Henkelstative" benützt wurden. Nebst der eigenartigen Construction der Mikrometerschraube, die von M. Berger, technischer Mitarbeiter des Zeiss-Institutes, herrührt, besitzt das mikrophotographische grosse Stativ von Zeiss einen sehr kurzen und sehr weiten, innen gut und dauerhaft geschwärzten Tubus. Ein eigens für Mikrophotographie construirter, vom bereits auf Seite 79 im § 57 d. B. besprochenen beweglichen Tisch, der wegen der durch ihn ermöglichten Kreuzung der Bewegungsrichtungen des Objectes auch „Kreuztisch" genannt wird, sich nicht wesentlich unterscheidender, sogenannter „mikrophotographischer Objecttisch" ermöglicht die Verschiebung und Drehung des Präparates in sehr vollkommener Weise und dient mittelst zweier halbkreisförmigen Scalen auch als Findertisch. Am Ocularende des Innentubus trägt es das in Fig. 378 im Durchschnitte dargestellte, lichtdichte Verbindungstück, das eine vor Nebenlicht sichere und doch Erschütterungen nicht übertragende Verbindung des Mikroskopstatives mit der Camera gestattet, die früher mittelst eines Tuchschlauches, sogenannten Tuchärmels hergestellt wurde, wie dies andere Firmen auch noch dermalen bisweilen zu thun pflegen.



Fig. 379 a.

Fig. 379 zeigt dieses geradezu mustergiltige Stativ in halber natürlicher Grössse. Die grobe Einstellung geschieht durch den Trieb K, die feine durch die M. Berger'sche feine Einstellung bei W. Die sehr verlässliche Kippung kann durch den Hebel K fixirt werden. Die henkelförmige Ausladung H der Tubussäule S erlaubt ein bequemes Anfassen und Tragen des sehr massiven Statives, ohne dabei die Einstellungsvorrichtung zu gefährden. Diese beruht nicht auf der Prismaführung, sondern einer Schlittenführung. Fig. 379a zeigt die Details der Construction. Eine Schnecke, die bei W (Fig. 379) durch beiderseits symmetrisch gelegene Triebknöpfe gedreht werden kann, wirkt als „Schraube ohne Ende" auf das rechte Zahnrad. Das linke läuft leer und dient blos als Gangregulator der Schnecke, die natürlich sehr weich und doch ohne jeden todten Gang laufen muss. Das rechte Rad ist mit der eigentlichen Mikrometerschraube verbunden, die mit einer Spitze auf einen glasharten Stahlcylinder drückt, der, mit einer todten Gang hindernden Wurmfeder be-

wickelt, die Bewegung auf ein Schlittenstück überträgt. Die oben ersichtliche grobe Triebeinstellung ist mit der feinen Einstellung in keiner Verbindung, wie man am ersten Blick glauben könnte. Durch die Lage des ganzen feinen



Fig. 380.

Einstellmechanismus im Innern der Säule *S* (Fig. 379) ist sie allen Schä-gungen durch Angriffe von aussen entzogen. Je eine an der Säule aus-befindliche Indexmarke zeigt sowohl den höchsten, als den tiefsten St

des Schlittens, damit man die Grenzen seiner Bewegung nicht mit Gewalt zu überschreiten versuche. Diese Berger'sche Bewegung ist auch in horizontaler Lage des umgelegten Mikroskopes sehr sicher und möglichst frei von elastischer Nachwirkung.

Ein wesentlicher Vortheil ist ihre Feinheit, die sich durch die Combination von Schnecke, Zahnrad und Mikrometerschraube ergibt. Während gewöhnliche Zeiss'sche Mikrometerschrauben mit Focimetertheilung für den kleinsten Theil („Intervall") einen Verstellungswerth von 5 µ haben, entspricht ein Intervall der Berger'schen Einstellvorrichtung, deren Theilung an einem der Schneckenköpfe (Fig. 379 bei *W*) angebracht ist, einer Hebung oder Senkung des Tubus um nur 2 µ. Aehnliche, zum Theil noch verbesserte

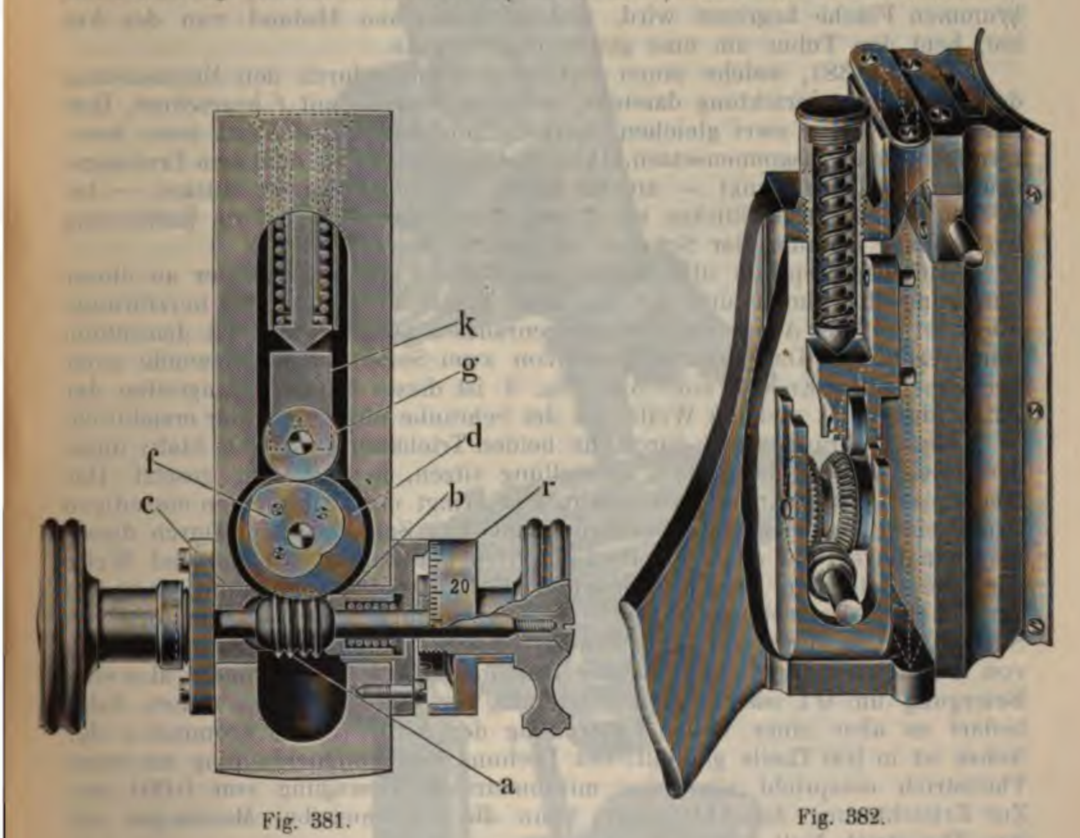


Fig. 381. Fig. 382.

Einstellvorrichtungen und Stative mit oder ohne erweiterten Tubus haben Leitz, Reichert u. a. m. hervorragende Firmen zu construiren versucht.

Auch bei dem neuen Stativ von Leitz hat eine Verlegung der Mikrometerschraube an den weiten Tubus stattgefunden, und das Stativ hat zugleich den Typus des kontinentalen Stativs verlassen. Eine Verringerung der zu bewegenden Masse, wie sie bei der Verlegung der Mikrometerschraube von der Säule an den Tubus zu erreichen war, konnte ja nur förderlich auf den Gang der feinen Einstellung einwirken.

Ist der Bau des kontinentalen Stativs durch den geraden Tubus und die gerade Säule des Obertheiles, die das Stativ wegen der geraden langen Prismenführung der Säule nicht entbehren kann, im Grossen und Ganzen gegeben, so hat man an dem in Fig. 380 neuen Stativ frei über die Form der Säule und des Fusses verfügen können; beiden konnte eine runde,

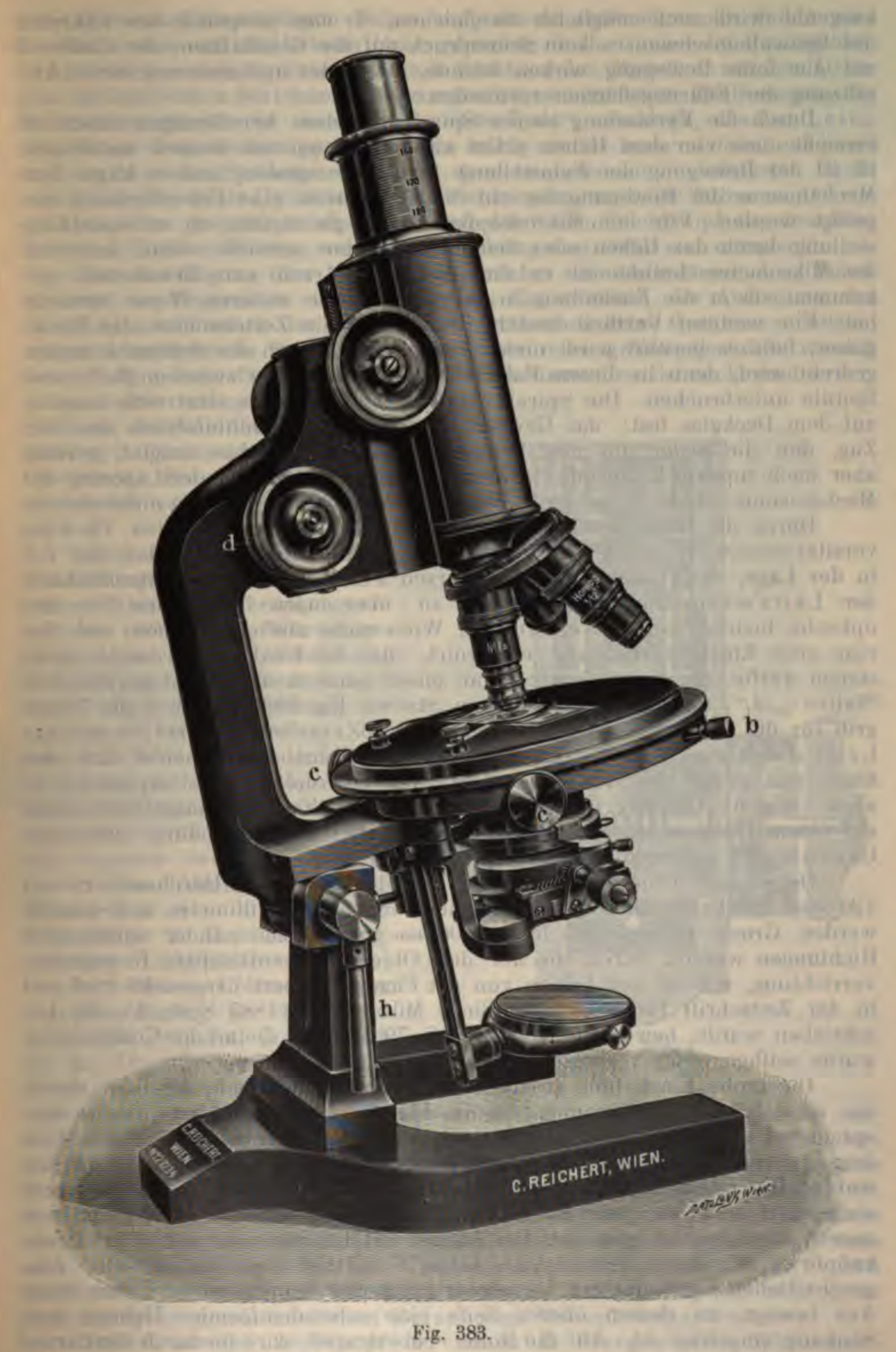


Fig. 383.

ausgeübt wird, sich möglichst ausgleichen, so dass innerhalb der Führung des Schwalbenschwanzes kein Seitendruck auf die Gleitflächen, der hindernd auf die feine Bewegung wirken könnte, stattfindet und eine ungleiche Abnützung der Führungsflächen vermieden wird.

Durch die Verbindung zweier Spiralen zu dem herzförmigen Stück ist erreicht, dass von dem Heben sofort ein Uebergang zum Senken stattfindet: Es ist der Bewegung der Feinstellung kein Ende gesetzt und es kann dem Mechanismus der Bewegung nie ein Schaden durch eine Ueberdrehung zugefügt werden. Für den Mikroskopiker ist es gleichgiltig, ob er seine Einstellung durch das Heben oder Senken des Tubus erreicht, denn auch an der Mikrometerschraube ist es ihm bisher nie recht zum Bewusstsein gekommen, ob er die Einstellung in der einen oder anderen Weise erreicht hat. Ein weiterer Vortheil besteht darin, dass ein Zertrümmern des Deckglases, falls es berührt wird, nicht eintritt, wenn auch die Schraube weiter gedreht wird, denn in diesem Falle wird die Verbindung zwischen Rolle und Spirale unterbrochen. Die Spirale läuft frei, der Tubus setzt sich langsam auf dem Deckglas fest; das Gewicht des leichten Aluminiumtubus und den Zug, den die Feder auf den Tubushalter und den Tubus ausübt, vermag aber nach unserer Erfahrung das Deckglas auszuhalten. Bei der Lagerung des Mechanismus ist Sorge getragen, dass eine Abnützung desselben nicht eintritt.

Durch die Güte des Herrn Erwin Kosak, Optikers in Wien, IX. Universitätsstrasse Nr. 12, Alleinvertreters der Firma Leitz in Wetzlar, war ich in der Lage, mich durch eigenen kurzen Versuch von der Vortrefflichkeit der Leitz'schen Einstellvorrichtung zu überzeugen. Uebrigens ist das optische Institut von C. Reichert in Wien nicht zurückgeblieben und hat eine neue Einstellvorrichtung construirt, die der Leitz'schen nicht nachstehen dürfte. Sie wurde zunächst an einem grossen mikrophotographischen Stative („A_I“) angebracht. Bei diesem Stative (Fig. 383) ist bei d der Triebgriff für die feine Einstellung zu sehen. Der Zeiss'sche Henkel ist wie bei Leitz durch eine ausgebogene Säule ersetzt. Sonst unterscheidet sich das Stativ nur wenig von den grossen Stativen Reichert's. Es ist jedoch in allen seinen Theilen in grösseren Massverhältnissen ausgeführt, ruht auf einem Hufeisenfuss und besitzt weiten Tubus zur Anwendung schwacher Objective bei mikrophotographischen Aufnahmen.

Der runde Objecttisch ist drehbar, besitzt einen Durchmesser von 120 *mm* und kann mittelst der Schrauben c c einige Millimeter weit bewegt werden. Grosse Bewegungen bis zu 100 *mm* in zwei zu einander senkrechten Richtungen werden durch die auf den Objecttisch aufsetzbare Bewegungsvorrichtung, wie sie seit Jahren von der Firma Reichert hergestellt wird und in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie 1887 Seite 25—30 beschrieben wurde, bewerkstelligt. (Siehe S. 79 d. B., im Detail der Construction wurde seither vieles verbessert.)

Die grobe Einstellung geschieht durch Zahn und Trieb, die feine durch die neue Mikrometerschraube, die in Fig. 384 abgebildet ist. Sie ist entsprechend dem Bedürfnisse aus der seitlichen Lage heraus mehr in die Mitte des Statives verlegt worden, so dass jede einseitige Belastung vermieden wurde. Die ganze Bewegungsvorrichtung ist in ein geschlossenes Gehäuse eingelagert und für jede unbefugte Beeinflussung oder Beschädigung von aussen unzugänglich gemacht. Der Antrieb erfolgt durch die seitlichen Triebknöpfe m m', deren gemeinsame Achse S mittelst eines auf dieselbe eingeschnittenen Gewindes ein horizontal gelagertes Schneckenrad E um seine Axe bewegt, an dessen oberer Seite eine schraubenförmige Hebung und Senkung eingefräst ist. Auf die Rolle r übertragen, wird hiedurch der darauf gelagerte Tubus beliebig gehoben und gesenkt. Durch das Eigengewicht des

aus Aluminium angefertigten Tubus und durch eine schwache Feder wird die Rolle stets auf die schiefe Bahn gepresst, doch ist der dabei ausgeübte Druck ein so mässiger, dass auch beim Berühren des Objectives mit dem Deckglas ein Zerbrechen des letzteren fast ausgeschlossen erscheint. Die Bewegung der Mikrometerschraube ist eine solche „ohne Ende", wodurch, wie bei Leitz, das lästige Zurückschrauben umgangen wird; sie ist äusserst fein und exact und ergibt einen Spielraum zwischen dem höchsten und niedrigsten Punkt von 2 *mm*. Bei einer Umdrehung des Triebknopfes wird der Tubus um 0·5 *mm* gehoben oder gesenkt, so dass ein Grad der beim Triebknopf angebrachten Trommel *C* einer Hebung, respective Senkung von 0·001 *mm* entspricht.

Die Anbringung der Mikrometerschraube unmittelbar an den Tubus gestattet, im Gegensatze zu der bisherigen Construction, der Ausladung des Obertheiles und somit der Grösse des Objecttisches keine Grenzen zu setzen, während andererseits dieselbe beliebig feiner oder gröber gestaltet werden kann, indem man die Steigung der schiefen Ebene des Schneckenrades vergrössert oder verringert, ohne dass hiedurch die Solidität in der Ausführung im geringsten beeinträchtigt würde. Ein ähnliches Stativ hat neuerdings Seibert in Wetzlar gebaut.

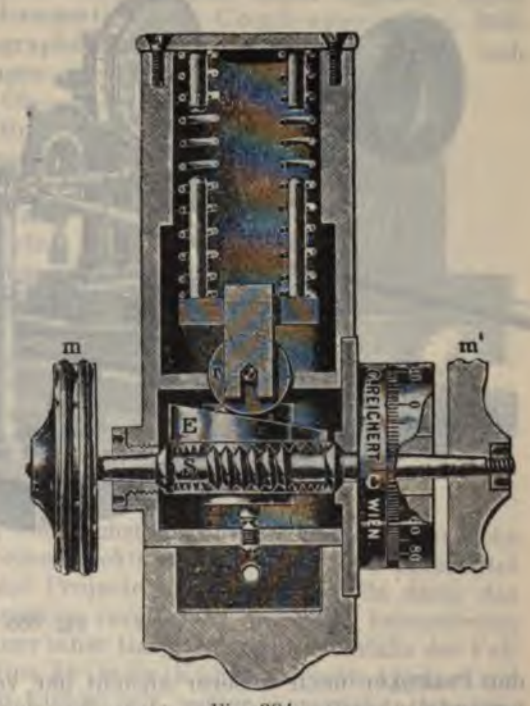


Fig. 384.

Aber selbst die sinnreichen Einrichtungen der beschriebenen neuen Mikrometerschrauben vermögen nicht die Wärmeausstrahlungswirkungen auf Stativ und Objectiv zu compensiren, welche durch ungleiche Ausdehnung der einzelnen Theile entstehen. Ob man nun Sonnenlicht oder künstliche Lichtquellen zur Beleuchtung anwendet, immer ist eine bedeutende, (falls man nicht, wie wir sogleich erwähnen wollen, durch Einschaltung einer die Wärmestrahlen absorbirenden Flüssigkeit, z. B. Alaunlösung, zwischen Lichtquelle und Condensor, diesem Uebelstande zu begegnen sucht), für das aufzunehmende Präparat, ja oft auch für das Objectiv verderbliche Erhitzung mit der zum Gelingen mikrophotographischer Aufnahmen erforderlichen intensiven Beleuchtung verbunden. Es bleibt also nichts übrig, als die feinste Einstellung zu wiederholen, sobald man annehmen kann, dass die Erwärmung des Apparates ihren Höhepunkt erreicht hat. Da bei langen, horizontalen Apparaten die Mattscheibe der Camera viel zu weit von der Mikrometerschraube zu stehen kommt, als dass man sie mit der Hand erreichen könnte, so bedient man sich zur Einstellung einer Art Transmission, nämlich des Hooke'schen Schlüssels, dessen Stange bis zur Mattscheibe reicht. Fig. 385 zeigt diese Anordnung an einem modernen Zeiss'schen Mikrophotographiestative.

Bei *C* ist der Triebknopf der neuen M. Berger'schen Mikrometerbewegung mit dem Hooke'schen Schlüssel verbunden. Die Camera ist hier

zurückgeschoben gedacht, also nicht zu sehen. Das Bild zeigt auch gleichzeitig die Verbindung des Statives mit der optischen Bank, ferner den unteren trichterförmigen Theil des erweiterten Tubus, in welchem gerade ein Mikroplanar von grossem Focalabstande derart angebracht ist, dass es sich im Tubus selbst befindet, weil sonst auch die weite Ausladung des neuen Statives für die grosse Brennweite dieses Mikroplanars nicht ausreichen würde. Rechts auf dem Tische sieht man drei andere Mikroplanarobjective verschiedener Brennweite. Hier wollen wir noch erwähnen, dass Dr. R. Neuhaus für Leute, die nicht viel ausgeben und sich selbst einen mikrophotographischen horizontalen Apparat zusammenstellen wollen, eine Vorrichtung zum Ersatz des Hooke'schen Schlüssel sangegeben hat, die aus einer Schnurtransmission besteht. Sie findet sich im vorcitirten Büchlein „Die Mikrophotographie und Projection" auf S. 5 beschrieben. Kayserling (in seinem citirten Lehrbuche der Mikrophotographie) findet sie für universelle Anwendung ungeeignet. Da für



Fig. 385.

den Praktiker nach unserer Ansicht der von Dr. Neuhaus so stiefmütterlich behandelte verticale Apparat ausreichen dürfte und man bei diesem mit Auszügen von 50—70 *cm* und weniger auskommt, also des Hooke'schen Schlüssels kaum bedarf, dieser aber, falls man die Mittel besitzt, sich einen verticalen Apparat anzuschaffen oder zusammenzustellen, im Verhältnis zu den sonstigen Auslagen keine Rolle spielt, auch von sämmtlichen Firmen ihren completen horizontalen Apparaten beigegeben wird, so gehen wir auf die Neuhaus'sche Schnurtransmission nicht weiter ein.

IV. Die Beleuchtung bei der Mikrophotographie im Allgemeinen.

Im Grunde genommen sollte die Beleuchtung bei mikrophotographischen ufnahmen sich von jener bei der gewöhnlichen mikroskopischen Beobachtung sehr unterscheiden; aber hier kommen denn doch noch andere Gesichtste in Betracht: Die schon erwähnte, auch bei den heutigen achromatischen

Objectiven grösserer Brennweiten häufig vorfindliche Focusdifferenz (bei Apochromaten fällt sie weg), ferner die bei gefärbten Objecten auftretende Differenz der Intensität der chemischen Einwirkung der einzelnen Farben auf die photographische Platte hat eine Art monochromatischer Photographie mittelst Lichtfilter nothwendig gemacht. Da diese Lichtfilter sehr viel Licht verschlucken, so muss die Beleuchtung an sich eine sehr intensive sein, die Lichtquellen müssen also sehr stark genommen oder doch an das Instrument sehr nahe herangebracht werden. Weiters ist die photographische Platte gegen Helligkeitsunterschiede viel empfindlicher als das menschliche Auge. Nur ganz gleichmässig beleuchtete Objecte ergeben annehmbare photographische Bilder. Besonders bei ausgedehnteren Präparaten, die mit schwachen Objectiven aufgenommen werden sollen, ist eine gleichmässige Beleuchtung schwierig zu erzielen. Auch hier theilen sich die Meinungen über die Mittel und Wege, eine gleichmässige Beleuchtung zu erzielen. Während die einen vorschlagen, ein Bild der Lichtquelle scharf in die Objectebene zu projiciren und C. Zeiss, um ein scharfes Bild der Lichtquelle zu erzielen, einen eigenen, durch zwei Schrauben centrirbaren achromatischen Condensor (Fig. 386) construirt und seinen mikrophotographischen Apparaten beigibt, der sich übrigens bei geringeren Vergrösserungen durch Benützung von gewöhnlichen Objectiven, die sich in die Condensorfassung einsetzen und centriren lassen und wobei man sich nach Kaiserling (l. c.) am besten eines Objectives das eine um zwei Drittel kleinere Apertur als das zur Aufnahme verwendete besitzt, bedient, ersetzen lassen, erklären andere diese Regel für hinfällig, da ja die Flamme oder der Flammenbogen eine ganz gleichmässige Helligkeit haben müssten, um bei Projection des scharfen Flammenbildchens in die Objectebene ein gleichmässig erhelltes Gesichtsfeld zu ergeben. Selbst eine solche Lichtquelle, die dieser Anforderung am nächsten kommt, nämlich eine sehr fein mattirte Glasscheibe, die von einer elektrischen Bogenlampe beleuchtet wird, darf man nicht scharf in die Projectebene projiciren, da dann das Korn der Mattirung, durch das Mikroskop vergrössert, im Bilde hervortreten würde, was z. B. bei Glühstrümpfen Auer'scher Gasglühlampen ebenfalls der Fall wäre. Der jetzige Mitarbeiter der Firma Zeiss Dr. Köhler, dessen Apparat zur Mikrophotographie in ultraviolettem Lichte wir später besprechen werden, hat in einer Abhandlung „Ein neues Beleuchtungsverfahren für mikrophotographische Zwecke", die in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie im 2. Band, S. 459, veröffentlicht wurde, vorgeschlagen, eine biconvexe Condensorlinse (Sammellinse) von 10 *cm* Durchmesser und 25 *cm* Focus so vor die Lichtquelle zu stellen, dass das Bild der Lichtquelle in die untere Brennebene des Beleuchtungsapparates des Mikroskopes (z. B. Abbe'schen Condensor) fällt, woselbst Blenden verschiedener Weite oder eine Irisblende angebracht sind, die das Bild der Lichtquelle einzuengen gestatten. Eine zweite Blendvorrichtung kann zwischen der Sammellinse von 10 *cm* Durchmesser und dem Mikroskopcondensor in einer Ebene, die von der vorhin erwähnten ersten Blende, gegen die Lichtquelle zu gerechnet, ebensoweit entfernt ist, wie die erste Blende von der Objectebene, angebracht und zur Regulirung der Grösse des beleuchteten Theiles des Gesichtsfeldes



Fig. 386.

completer Apparate und ihrer Anwendung werden wir hierüber noch Einiges hinzufügen.

Auch die elektrische Glühlampe, die Stein, der Verfasser des seinerzeit viel benützten Werkes: „Das Licht im Dienste der Wissenschaft" empfohlen hat, kann heutzutage sehr gut benützt werden, wenn man sie überspannt, das heisst mehr Volt zuführt, als für die Lampe angegeben ist. Die Lampen brennen dann sehr hell und weiss und entsenden photographisch sehr wirksames Licht. Man verschafft sich z. B. eine Glühlampe für 100 Volt und schaltet sie in eine Leitung mit 110 Volt Spannung ein. Die Lampen ertragen geraume Zeit eine viel grössere Ueberspannung. Besonders wirksam in photochemischer Hinsicht habe ich die neuen Nernstlampen gefunden, sie werden auch für sehr grosse Lichtstärken gebaut und können dann die Bogenlampe ersetzen, allerdings sind so grosse Nernstlampen nicht billig. Am verbreitetsten ist derzeit für starke Effecte die Bogenlampe und für geringere das Auer'sche Gasglühlicht. Auch gute Benzin- und Petroleum- und Spiritusglühlampen können als Lichtquellen dienen. Magnesiumlampen sind sehr wirksam, doch leider machen sie noch zu viel Rauch, brennen oft in Folge der schlechten Beschaffenheit des Bandes ungleichmässig und sind zu theuer im Betriebe. Magnesiumblitzlampen können recht gut zu Momentaufnahmen von Infusorien u. dergl. dienen, doch können wir uns auf dieses Gebiet nicht begeben, da es dem Praktiker denn doch zu fern liegt. In Dr. Neuhauss' „Lehrbuch der Mikrophotographie" ist auf S. 145 u. ff. eine Anleitung hiezu gegeben. Elektrische Funken benützt Dr. A. Köhler zur Erzeugung ultravioletter Strahlen. Hievon später. Welche Lichtstrahlen immer man benützt, bei den meisten Objecten wird man sich eines Lichtfilters bedienen müssen. Die Gründe haben wir oben auseinandergesetzt.

VI. Die Lichtfilter und die orthochromatischen Platten.

Die Lichtfilter sind flüssig oder fest. Früher benützte man fast ausschliesslich flüssige Lichtfilter (Farbstofflösungen). Diese kommen in Cuvetten mit planparallelen Wänden, welche ähnlich (nur viel grösser) aussehen, wie das Cori'sche mikroskopische Aquarium, das wir in der Fussnote auf S. 355 d. B. abgebildet haben. Da der gewöhnlich von den Glasschleifern benützte Kitt nicht allen chemischen Einflüssen standhält, so wurden vielfach Cuvetten aus zwei Glasplatten, zwischen welche Einlagen aus 1 *cm* dicken, in technischen Gummigeschäften erhältlichen Kautschukplatten (Weichgummi) kommen und die in einer Fassung mittelst Schrauben zusammengehalten werden, empfohlen. Sie sind praktisch, da sie sich leicht reinigen lassen.

Ich habe mir solche Cuvetten für spirituöse Flüssigkeiten, z. A. alkoholische Anilinlösungen, aus Glasplatten, die mittelst Fischleim (Syndetikon) zusammengeklebt wurden, hergestellt; solche für wässerige Lichtfilter halten ausgezeichnet, wenn man sie mit Canadabalsam verkittet. Uebrigens geben die meisten Optiker ihren completen Apparaten passende Cuvetten bei. Was die Lichtfilterdichte selbst anbelangt, so kommen folgende Grundsätze zur Anwendung: Die Concentration wird so gewählt, dass eine Schichte von 10 *mm* (ein Centimeter) Dicke zur Erzielung des Effectes genügt, ohne für die betreffende Lichtquelle eine gar zu lange Expositionszeit zu ergeben. Stärkere Lichtquellen vertragen also im Allgemeinen concentrirtere Filter. Natürlich ist auch hier die Erfahrung massgebend. Die Farbencombination des Filters wird so gewählt, dass contrastreiche Bilder des Objectes entstehen. Wäre z. B. ein roth gefärbtes Präparat zu photographiren, so würde auf einer gewöhnlichen Platte der Effect ein sehr geringer sein, da die rothe Spectralregion auf die Platte fast keine chemische Wirkung ausüben kann.

Ich hatte u. a. zur Demonstration von Vogelblut ein Deckglas-Trockenpräparat von Entenblut mittelst Eosin und Methylenblau so gefärbt, dass die Kerne der Blutkörperchen blau, die Hüllen roth waren. Unter gütiger Unterstützung des Herrn Hofrathes Dr. Eder und des Herrn Prof. Valenta waren schon mittelst orthochromatischer Platten alle Präparate photographirt bis auf das Entenblut. Dieses wollte aber kein recht contrastreiches Bild, welches den Kern stark gegen die Hülle hervorgehoben und doch die Details des Kernes wiedergegeben hätte, ergeben, obgleich wir verschiedene der damals üblichen Filter versuchten; die Bilder waren flau. Da rieth Hofrath Dr. Eder, einen Versuch mit gewöhnlicher Platte ohne Lichtfilter (natürlich mit einem Objectiv ohne Focusdifferenz) zu machen und unter Anwendung einer 80 Normalkerzen starken Auerlampe gelang das Bild vorzüglich, das heisst es waren die Kerne mit allen Feinheiten der Granulation weiss bis grau, die Hülle aber dunkel zu sehen und die ganze Zeichnung zeigte trotzdem schematische Klarheit. In solch einem Falle ist es eben alleseins, ob die Kerne dunkel und die Hülle licht oder umgekehrt ist, die Differenzirung ist die Hauptsache, wie bei einer schematischen Zeichnung. In allen anderen Fällen aber ist eben der Vorzug der Mikrophotographie vor der Zeichnung die objective Wahrheit und dann ist es nicht mehr alleseins, ob ein dunkler gefärbter Kern hell und eine helle Hülle dunkel ist. Freilich hätte man im obigen Falle von dem Negativ ein Diapositiv und mit diesem erst die Papierbilder machen können, wobei natürlich dann die Hülle hell und die Kerne dunkel geworden wären. Für blosse Demonstrationszwecke ist dies aber ebenso gleichgiltig, als ob in einem Buche eine schematische Zeichnung weiss auf schwarzem Grunde oder schwarz auf weissem Grunde erscheint.

Doch gehen wir weiter und besprechen die gebräuchlicheren Filter, zunächst die flüssigen, da sie die älteren sind. Als man noch mit der Focusdifferenz der Objective zu kämpfen hatte, benützte man sogenanntes monochromatisches Licht von blauer Farbe und gewöhnliche Platten zur Beseitigung des Unterschiedes zwischen menschlichem Auge und Platte.

Als monochromatische Filter kamen meist Kupferoxydammoniaklösungen in Anwendung, also Blaufilter. Heutzutage werden sie blos angewendet, wenn man mit orthocchromatischen Platten gelb- oder braungefärbte Objecte aufnehmen will, doch lassen sich diese auch ohne Filter mit gewöhnlicher Platte photographiren, sofern Objective ohne Focusdifferenz zur Verfügung stehen. Die meisten älteren Objective haben aber Focusdifferenz und sind meistens für die optisch wirksamsten, also die gelben und grünen, nicht für die blauen und violetten chemisch wirksamsten Strahlen corrigirt, der Kupferoxydammoniakfilter konnte also selten günstige Resultate geben. Wird aber in eine „Schusterkugel“, die gleichzeitig als Condensor dient, da sie ja eine Sammellinse kurzer Brennweite darstellt — eine über Glaswolle filtrirte Lösung von Kupferspänen in Ammoniakwasser (Salmiakgeist), die in 1 *cm* dicker Schicht vor ein weisses Papier gehalten, diesem eine himmelblaue Farbe ertheilt — eingefüllt, gut verschlossen vor eine Petroleumlampe gestellt und dann recht nahe zum Mikroskop gerückt, bis das Gesichtsfeld gleichmässig hell ist, so gelingt es, auch mit Hilfe von älteren, mit Focusdifferenz behafteten Objectiven besonders auch von farblosen Objecten, z. B. Diatomeen, Trichinen u. dergl., contrastreiche Photographien zu erhalten, da das gelbe Licht der Petroleumlampe durch den Blaufilter auch für die gewöhnliche Platte wirksamer gemacht und überdies die Focusdifferenz beseitigt wird, da ja auch bei dem blauen Lichte eingestellt wurde, was allerdings einige Gewöhnung erfordert. Feine Streifungen von Diatomeen etc. lassen sich auf diese Art ebenfalls sehr schön photographiren, da das kurzwellige blaue Licht bekanntlich feinere Structurdetails enthüllt. Für den Praktiker ist aber am wichtigsten der grüngelbe Zettnow'sche Filter. Er ist am leichtesten an-

indem man (verdorbene) Bromsilbergelatineplatten in irgend einem Fixirbad gut ausfixirt, sehr gut auswäscht und sie durch Baden in Farbstofflösungen entsprechend färbt. Zettnow selbst hat seinen flüssigen Filter neuerdings durch solche Platten, die mit Tartrazin und Bromeosin gefärbt waren, ersetzt. Man kann sich auch durch Verkitten von je einer mit Martiusgelb und einer mit Methylenblau gefärbten Gelatineplatte einen Grüngelbfilter herstellen, ebenso mittelst Malachitgrün und Pikrinsäure etc. Die Lichtfilter, ob flüssig oder fest, erhalten ihren Platz stets zwischen dem Beleuchtungsapparat des Mikroskops und der grossen Condensorlinse, die das Bildchen der Lichtquelle liefert (Kayserling), da man so mit Filterflächen von 3 bis 4 □ *cm* auskommt und die bilderzeugenden Strahlen nicht gestört werden. Mit guten orthochromatischen Platten und guten Farbenfiltern kann man, wie dies Dr. Neuhaus kurz und treffend ausdrückt, Bilder erhalten, bei denen jeder Unterschied zwischen der Auffassung des menschlichen Auges und derjenigen der photographischen Platte geschwunden ist. Ein frommer Wunsch ist, wie die Farbenphotographie überhaupt, bisher auch die Mikrophotographie in natürlichen Farben geblieben, soweit es sich um praktische Anwendbarkeit handelt. Vor einigen Jahren lief durch die Fachblätter folgende Notiz:

„Mikrophotogramm in natürlichen Farben. R. Neuhaus hat das erste Mikrophotogramm in natürlichen Farben ausgeführt. Als Präparat wurde wegen greller Farbenunterschiede der Leberegel (Distoma lanceolatum) gewählt. Die Aufnahme fand bei neunfacher Linienvergrösserung unter Benützung des Auer'schen Gasglühlichtes und des Hartnack'schen Projectionssystems von 31 *mm* Brennweite statt. Nach Valenta's Vorschrift wurde eine vom Autor nach dem Gusse centrifugirte Bromsilberplatte angewendet. Die Entwicklung geschah mit Pyro-Ammoniak-Bromkali. Die Empfindlichkeit der hergestellten Platte musste beiläufig um 10.000mal geringer geschätzt werden als die bei mikrophotographischen Aufnahmen sonst in Verwendung stehenden. Demgemäss wurde auch die Belichtungsdauer von einer Secunde auf circa drei Stunden erhöht. Die Farben des Bildes treten am besten bei der Projection (mit reflectirtem Lichte) hervor. Der erste Versuch einer Mikrophotographie in natürlichen Farben ergab befriedigende Resultate."

Seither hat Dr. Kaiserling auf S. 165 seines Lehrbuches der Mikrophotographie das auf dem Prinzipe des Dreifarbendruckes beruhende, von der Firma Dr. A. Hesekiel & Co., Berlin, Lützowstrasse 2, vertretene Verfahren als für mikrophotographische Zwecke allein brauchbar bezeichnet. Da es auf Lichtfiltern beruht, so haben wir seiner in diesem Unterabschnitt gedacht. Näher darauf einzugehen, dürfte sich erübrigen, da die Prospecte der Firma Hesekiel alles bis in's kleinste Detail enthalten und alle Utensilien, insbesondere Lichtfilter, durch diese Firma zu beziehen sind, auch der Praktiker kaum in die Lage kommen dürfte, dieses Verfahren anwenden zu sollen, da es blos durch Projection an die Wand oder durch transparentartige Anbringung von Lampen oder Fenstern zur Geltung kommende Bilder liefert.[1])

VII. Die Camera.

Die Camera, die entweder aus Holz und Leder, Holz und Calicot und bei kleineren mikrophotographischen Apparaten auch aus Aluminium gefertigt wird, unterscheidet sich principiell nicht von den sonstigen photographischen Cameras, nur dass ausser der Mattscheibe (zur gröberen Einstellung dienend) noch eine klare Spiegelplatte, so wie die Mattscheibe in einem Rahmen gefasst, und auf das exacteste derart angebracht sein

[1]) Neuester Zeit haben die Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M. ein Dreifarbenphotographieverfahren „Pinatypie" eingeführt, das gute Papiercopien ergibt.

muss, dass die lichtempfindliche Schicht der Bromsilberplatte in der Cassette genau an Stelle der dem Einstellenden zugekehrten Seite der Spiegelplatte zu stehen kommt. Diese Spiegelplatte dient nämlich, wie wir sehen werden, zum feinsten Einstellen, da die Mattscheibe hiezu wegen des störenden Kornes nicht ausreicht. Um die Mitte des Plattenfeldes, also das Centrum des mikroskopischen Gesichtsfeldes, so weit es auf die Platte projicirt wird, stets ohne Mühe zu finden und den Apparat centriren zu können, verbindet man die vier Ecken der Mattscheibe sowohl als der Einstellglasplatte durch Diagonalen, die auf der Mattscheibe mit Bleistift, auf der glatten Glasplatte aber mit Schreibdiamant gezogen werden. Ihr Schnittpunkt gibt die Mitte des Gesichtsfeldes an. Wo möglich soll die Camera ganz separirt vom Mikroskopstativ aufgestellt und mit diesem blos durch die in Fig. 378 abgebildete lichtdichte Verbindung zusammenhängen, damit sich Erschütterungen beim Einsetzen der Cassette, die ja nach der feinsten Einstellung erfolgt, nicht auf das Mikroskop übertragen, was wir schon oben bei Besprechung der Stative besprochen haben. Dies führt uns auf die Frage, ob horizontale oder verticale Stellung der Camera vorzuziehen ist. Wenn es sich um sehr lange Cameraauszüge von mehr als 70 *cm* handelt, die für wissenschaftliche Forschungszwecke erforderlich, aber für die wissenschaftliche Praxis entbehrlich sind, dann allerdings muss man Dr. Neuhauss Recht geben, der sich unbedingt für die horizontale Anordnung der Camera ausspricht. Da aber diese Apparate, sollen sie nicht stets frisch centrirt werden müssen, ein eigenes Zimmer, wo möglich mit gemauerten, vom übrigen Fussboden getrennten Pfeilerfundamenten, wie sie bei astronomischen Instrumenten zur Abhaltung von Erschütterungen üblich sind [wenn man nicht im Souterrain[1]) arbeiten will] erfordern, ist ihre Aufstellung sehr kostspielig. Improvisationen sind aber, wie wir schon oben auseinandersetzten, für den Praktiker wegen deren zeitraubender Zusammenstellung nicht zu empfehlen. Die verticalen Anordnungen stellen sich dagegen weit bequemer, billiger und sind vielseitiger verwendbar, da auch in Flüssigkeiten, z. B. im hängenden Tropfen befindliche (schwimmende) Objecte damit aufgenommen werden können, was besonders für den Praktiker wichtig ist, wenn es sich z. B. um Aufnahme vergänglicher frischer Blutpräparate oder Macerationspräparate von Blutflecken, Sperma u. s. w. handelt.

Viele Firmen verfertigten deshalb ihre grossen horizontalen Apparate so, dass sie auch vertical gebraucht werden konnten. Neuester Zeit wurde jedoch bei den allergrössten horizontalen Apparaten diese Einrichtung zur Aufrichtung der Camera weggelassen und die Aufnahme unverkitteter, schwimmender Objecte dadurch ermöglicht, dass das Bild aus dem aufrechtstehenden Mikroskope durch totalreflectirende Prismen in die horizontale Camera geworfen wird. Für die Zwecke des Praktikers dürften verticale Apparate genügen. Eine der einfachsten Verticalcameras ist die Aluminiumcamera von Fuess in Steglitz, bestehend aus einem Conus aus Aluminium, der durch Schrauben am Tubus befestigt wird. Die Cassetten werden in den oberen Theil des Conus eingeschoben. Diese Camera ist so leicht, dass sie, selbst wenn sie direct auf einem Stative befestigt wird, auf die Einstellung keinen Einfluss ausübt, und sie wurde nach Angabe des Dr. W. Scheffer mit einer Centrirvorrichtung versehen, die es gestattet, sie auf jedes Stativ aufzusetzen und zu centriren. Bei dieser Camera wird der Grundsatz, dass

[1]) Der bestbekannte Lector für wissenschaftliche Photographie an der k. k. Wiener Universität, Herr Dr. Hinterberger, hat deshalb sein Laboratorium im Souterrain des Hauses Wien, IX. Frankgasse 10 untergebracht, woselbst er auch Privatkurse abhält. Herr Pfeiffer v. Wellheim, ein als Mikrophotograph bestbekannter Wiener Privatgelehrter, haust, wenn ich nicht irre, im zweiten Stockwerke und erzielte trotzdem mit verhältnis*mässig* einfachen und billigen Instrumenten herrliche Resultate; er bediente sich dabei *vielfach des* verticalen Apparates.

Camera und Mikroskop getrennt sein sollen, durch die Leichtigkeit der Camera ad absurdum geführt. Hat man bei einer Ocularbetrachtung etwas gefunden, was man auf der photographischen Platte fixiren will, setzt man einfach die Camera auf, beleuchtet entsprechend, stellt ein und photographirt. Van Heurck hat mit dieser Camera die schwierigsten Probeobjecte, so z. B. Amphipleura pellucida photographirt, und zwar mit elektrischem Glühlicht, schiefer Beleuchtung auf einer von 9 × 12 *cm* grossen Platte mit Apochromat 2 *mm* und Compensationsocular 12 (Zeiss) bei 900maliger Vergrösserung. Die Exposition dauerte zwei Minuten. Es wurde also weder elektrisches Bogenlicht noch ein Projectionsocular zu diesem Kunststücke gebraucht. Mit ähnlichen einfachen Mitteln hat übrigens der virtuose Wiener Mikrophotograph Herr Pfeiffer von Wellheim die schwierigsten Probeobjecte meisterhaft photographirt. Aber diese einfachste Camera wäre für den Praktiker minder brauchbar, würde sie nicht auch Aufnahmen bei schwachen Vergrösserungen, zu denen sonst die Mikroplanare dienen, ermöglichen. Dies führt uns zu den

VIII. Zusammenstellungen mehr weniger completer mikrophotographischer Instrumentarien und deren Anwendung.

Eine solche complete Zusammenstellung, die insbesondere Aufnahmen bei schwachen Vergrösserungen ohne eigentliche Mikroplanare, aber von einer für den Praktiker genügenden Schärfe ermöglicht, ist die Combination der vorbeschriebenen Aluminiumcamera der Firma Fuess in Steglitz mit einem Lupenstative, welche die Firma selbst als „Lupenmikroskop für directe Beobachtung und Photographie" bezeichnet.

Nach C. Leiss (Opt. Instr.) wurde bei der Construction dieses Lupenmikroskopes (Fig. 387) darauf Bedacht genommen, dass das Instrument bei guter Stabilität auch zu photographischen Aufnahmen umfangreicher Präparate vortheilhaft verwendet werden kann. Erreicht wurde dieser Zweck dadurch, dass der Träger der Lupe mit dem durch einen hufeisenförmigen Fuss getragenen cylindrischen Stab *s* fest verbunden wurde. Während sonst bei Lupenstativen der Halter der Lupe meist verschiebbar eingerichtet ist, erfolgt bei diesem neuen Instrument die Einstellung auf das Object durch Hoch- und Tiefstellen des Objecttisches mittelst einer sehr ausgiebigen Triebbewegung durch die beiden Griffknöpfe *t*. Den Bewegungen des Tisches folgt auch der nach allen Seiten verstellbare Beleuchtungsspiegel.



Fig. 387.

Der Trägerarm der Lupe *o* ist mit einem tellerartigen Ansatz versehen, auf welchen die in der Fig. 387 dargestellte conische, aus Aluminium verfertigte, mit *T* bezeichnete Camera (das Gewicht beträgt mit gefüllter Doppelcassette bei Platten von 7 × 7 *cm* circa 160 *g*) aufgesetzt und durch die Schraube *S* fixirt werden kann.

Für die directe Beobachtung der Präparate können dem Lupenmikroskop drei Steinheil-sche Lupen mit grossem planen Sehfeld von vier-, sechs- und zehnfacher Vergrösserung beigegeben werden. Diese Lupen werden von oben her wie Oculare in die Hülse des Trägers eingehängt und können zur Noth auch zum Photographiren dienen. Besser dienen zu photographischen Aufnahmen und zur directen

Tabelle der Belichtungszeiten:

Bezeichnung der Objective	Aequivalente Brennweite in *mm*	Objectives Sehfeld in *mm*	Vergrösserung bei directer Beobachtung	Vergrösserung beim Gebrauch der kleinen Camera	Belichtungszeiten für diffuses Tageslicht	Belichtungszeiten für Petroleumlampe von 14'	Belichtungszeiten für Gasglühlicht
Steinheil'sche Lupe	25	14	10	8	ca. 5 Sec.	$1\frac{1}{2}$—2 Min.	ca. 20 Sec.
" "	40	25	6	4	" 3 "	1—$1\frac{1}{2}$ "	" 15 "
" "	60	35	4	2	" 2 "	$\frac{3}{4}$—1 "	" 12 "
Photographisches Objectiv . .	25	14	10	8	" 5 "	$1\frac{1}{2}$—2 "	" 20 "
" " . .	40	24	6	4	" 3 "	1—$1\frac{1}{2}$ "	" 12 "

Die Grösse eines Bildes auf der Platte kann man vorausbestimmen, wenn man die Präparatgrösse mit der in der obigen Tabelle (Reihe 5) angegebenen Vergrösserungszahl des benützten Objectives multiplicirt.

zeigt ihn. Auf einer eisernen Fussplatte sind vier Metallsäulen montirt, auf welchen die Camera ruht. Das Mikroskop ist unabhängig vom Fuss der Camera und kann jedes Stativ bei dem Apparat verwendet werden. Die ungleiche Höhe der Stative wird durch Verschieben des Cameratubus am Knopfe *a* hergestellt, die Hülse *d* dient zum Lichtabschluss. Die Camera kann auf eine Länge von 70 *cm* vom Mikroskoptische gehoben und mittelst zweier Schrauben *d* in jeder Höhe eingestellt werden. Der Apparat kann sowohl in aufrechter wie in liegender Stellung auf den Auflagepunkten *c* und *f* bis zu den stärksten bei der heutigen Mikrophotographie allgemein üblichen Vergrösserungen gebraucht werden. Ist die Verbindung in lichtdichter Weise hergestellt, beobachtet man auf der matten Glastafel, ob die zu photographirende Stelle des Präparates sich richtig in der Mitte des Gesichtsfeldes befindet. Um versichert zu sein, dass während der Belichtung das Bild an Schärfe nichts verliert, ist es vortheilhaft, nachdem die genaueste Einstellung auf der durchsichtigen Glasplatte mittelst Lupe geschehen ist, den Apparat noch einige Zeit ruhig stehen zu lassen und erst dann, wenn das Bild noch in seiner vollen Schärfe erscheint, an Stelle der Glasplatte die Doppelcassette einzuschieben und aufzuziehen; dann erst schreitet man zur Belichtung der Gelatineplatte. Die Expositionszeit ist bei Petroleumlicht circa 10 Minuten, bei Auer'schem Brenner 6 bis 7 Minuten. Der Wiener Amateurphotograph Moriz Heeg hat mit gewöhnlichen, mit Focusdifferenz behafteten Objectiven mit diesem Apparate, in welchen sich oben anstatt einer Absorptionscuvette knapp vor der Cassette eine Filterscheibe aus Glas einsetzen lässt, wunderschöne Bilder erzielt und sind selbe bei F. Ebeling, welcher den Apparat am Lager hat, zu sehen.

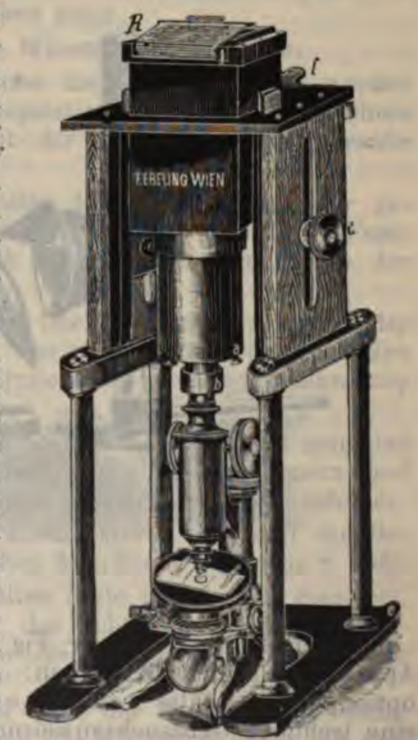


Fig. 388.

Ein weiterer verticaler Apparat ist jener von **Leitz**. Hier steht das Mikroskopstativ nicht frei, sondern auf einer Fussplatte des Ständers der Camera und ich habe durch Versuche im zweiten Stockwerke gefunden, dass bei verticalen Apparaten gegen diese dem Prinzipe von Trennung der Camera vom Mikroskopstative widersprechende Anordnung nichts einzuwenden ist, da bei ihr Mikroskop und Camera miteinander den Vibrationen des Fussbodens folgen und daher die relative Lage beider zu einander unverändert bleibt. Auch **Zeiss** und **Reichert** stellen neuerdings bei ihren verticalen Apparaten das Mikroskop auf die Fussplatte des Cameragestelles. Probiren geht vor studiren!

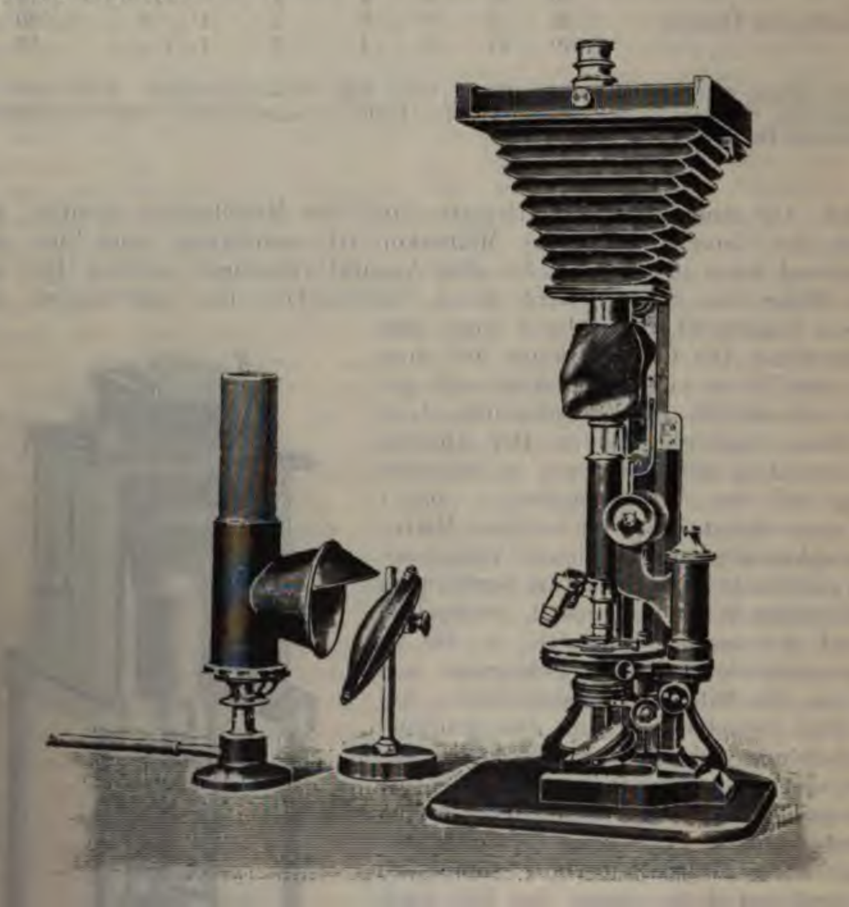


Fig. 389.

Doch kehren wir zur Fig. 389 zurück. E. **Leitz** beschreibt diesen Apparat in seinem Werkchen: „Die mikrophotographischen Apparate der ischen Werkstätte von E. **Leitz** in Wetzlar“ eingehend und gibt auch treffliche Gebrauchsanweisung, die mutatis mutandis auch auf andere photographische Apparate anwendbar ist, so dass wir uns nicht verkönnen, sie im Folgenden anzuführen.

uf eiserner Fussplatte ist eine solide Eisenschiene fest montirt. In chiene gleitet eine zweite Schiene, welche die Camera trägt. Dieselbe nach der Höhe des zur Verwendung kommenden Stativs jede beHöhe erhalten und mittelst einer an dem tragenden Arm befindlichen

Flügelschraube festgestellt werden. Zur Begrenzung des Gesichtsfeldes befindet sich im Halse der Camera eine drehbare Blendscheibe mit fünf verschiedenen Blendenöffnungen. Zum Apparat gehören zwei einfache Cassetten für Platten von der Grösse 9 × 12 und 13 × 18 *cm*. Eine mattgeschliffene und eine durchsichtige Glasplatte im Rahmen dienen zur Einrichtung und Einstellung des Bildes auf der Plattenebene. Ein gelbes, dunkelgrünes und hellgrünes Glasscheibchen ermöglichen dieses Licht zur Anwendung zu bringen, indem man sie auf den Irisblendenträger auflegt. Eine matte Platte auf einem Stativchen dient dazu, directes Sonnenlicht in diffuses überzuführen.

Zu mikrophotographischen Aufnahmen kann jedes Licht verwendet werden, insofern es hell genug ist, um bei entsprechender Vergrösserung eine scharfe Einstellung des mikroskopischen Bildes auf der Mattscheibe und Einstellscheibe zu ermöglichen.

Zu den meisten Aufnahmen hat die Firma Leitz ihren Gasglühlichtreflector verwendet in Verbindung mit einer 80 *mm* grossen Beleuchtungslinse. Diese Beleuchtungslinse zwischen Mikroskopspiegel und Licht eingeschaltet, liefert einerseits eine gleichmässige Beleuchtung und hält andererseits die Wärmestrahlen der Lampe von dem Mikroskopstativ ab.

Ein möglichstes Abhalten der Wärmestrahlen von dem Stativ ist für die Einstellung bei höheren Vergrösserungen sehr zweckmässig, da die Ausdehnung der sich sonst erwärmenden Metalltheile ausserordentlich auf die Einstellung des mikroskopischen Bildes wirken kann.

Die Handhabung des Apparates ist im Wesentlichen folgende:

Die Gleitschienen des Apparates, welche die Camera tragen, werden zunächst entsprechend der Höhe des Mikroskopstatives oder der gewünschten Vergrösserung auseinandergezogen und mit der seitlichen Flügelschraube festgestellt.

Nachdem die zu photographirende Stelle des Präparates in der gewohnten Weise eingestellt ist, bringe man das Mikroskop so auf die Fussplatte des Apparates, dass der Tubus sich mitten unter dem Halse der Camera befindet.

Der Camerabalg wird durch Verschieben leicht zusammengezogen oder erweitert, um den verschiedenen Höhen der verschiedenartigen Stative Rechnung tragen zu können; durch diese Einrichtung kann jedes Mikroskop bei dem Apparate Verwendung finden.

Steht das Instrument mitten unter dem Camerabalg, so ziehe man das dem Apparate beigegebene Tuchsäckchen über den Hals der Camera und den Mikroskoptubus, um seitlich eindringende Lichtstrahlen fernzuhalten.

Dann stellt man das zu benützende Licht, sowie eventuell die Beleuchtungslinse in der hier bildlich dargestellten Anordnung auf (siehe S. 556).

Die Mattscheibe wird nun mit der matten Seite nach unten eingelegt, nach dieser richtet man den Mikroskopspiegel, das Licht und die Beleuchtungslinse ein, bis der auf der Platte sichtbare Gesichtskreis gleichmässig die grösste Helligkeit zeigt.

Erscheint das Gesichtsfeld nicht in der Mitte der Mattscheibe, welche durch ein Kreuz bezeichnet ist, so rückt man das Mikroskop leicht hin und her, bis die Mitte eingerichtet ist.

Selbstverständlich muss der Beobachter die Einstellung des Bildes stets unter einem überhängenden schwarzen Tuch vornehmen.

In dem oberen Theil des Camerahalses befindet sich eine drehbare Blendscheibe, mit deren Blendenöffnungen man den Durchmesser des Gesichtsfeldes beliebig reguliren kann.

Liegt die gewünschte Grösse des Gesichtskreises zwischen den vorhandenen Blendenöffnungen, so kann man durch Aenderungen des Abstandes der Ocularaugenlinse von der eingestellten Blende jede weitere Grösse des Feldes erreichen, indem man entweder den Tubus oder den Camerabalg leicht verschiebt.

Den Tubus viel über oder unter die Marke 160 zu stellen, ist bei höheren Vergrösserungen wegen der Adjustirung der Objective auf eben diese Marke nicht rathsam, wir empfehlen dagegen die Verschiebung des Camerabalges; letzteres übt weder den geringsten Eiflnuss auf die Schärfe des Bildes noch auf die Vergrösserung aus.

Hat das Gesichtsfeld die gewünschte Grösse und erscheint es genau in der Mitte der Mattscheibe, so stelle man das Präparat mittelst der Mikrometerschraube vorerst oberflächlich ein, erstens um sich zu überzeugen, dass die Stelle des Präparates, deren photographische Wiedergabe man wünscht, genau in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint, ferner um zu controliren, ob das ganze Feld gleichmässig beleuchtet ist.

Bei der Verschiebung der Präparate kommt der Vortheil, den der dreh- und centrirbare Tisch eines grösseren Statives bietet, sehr zur Geltung, denn durch das Drehen der Centrirschrauben ist jede Stelle des Präparates leicht und sicher in die Mitte des Gesichtsfeldes zu bewegen.

Hat man die rohe Einstellung in dieser Weise erreicht, so bringe man an Stelle der Mattscheibe die durchsichtige Glasplatte. In der Mitte dieser Platte ist ein Kreuz eingeritzt. Diese mit dem Kreuz gezeichnete Seite der Glasplatte wird nach unten gelegt. Auf dieses Kreuz stellt man die auf einem Stativchen ruhende Lupe scharf ein. Ist so die Einstellungsebene scharf fixirt, so beobachte man durch diese Lupe das Bild und stelle es vermittelst der Mikrometerschraube des Mikroskopes scharf ein.

Das Bild, welches man nun sieht, erscheint hinsichtlich der Schärfe wenig vortheilhaft, dies kommt jedoch daher, dass dasselbe durch das Durchdringen der Einstellscheibe und die Vergrösserung der Lupe beeinflusst wird. Beobachtet man ohne Einstellscheibe mit der Lupe das Bild frei in der Luft schwebend, so erscheint es schon schärfer und von der photographischen Platte wird es bei richtiger Einstellung tadellos scharf aufgenommen.

Will man mit monochromatischem Licht photographiren, so legt man jetzt die Gelb- oder Grünscheibe etc. auf den Rand der Irisblende, indem man, das Mikroskopstativ recht fest auf die Fussplatte drückend, den Irisblendenträger seitlich herauszieht und mit der Glasscheibe wieder zurückdrückt.

Alsdann sucht man die möglichst schärfste Einstellung zu erreichen.

Ist hiebei das Licht zu hell oder das Präparat zu schwach gefärbt, so dass die Contouren des Präparates nicht genug hervortreten, so blendet man am besten mit der Irisblende den Beleuchtungsapparat entsprechend ab.

Nun lässt man den Apparat circa eine Viertelstunde völlig in Ruhe stehen und überzeuge sich nach dieser Pause, ob das Bild noch scharf erscheint. Ist das Bild verschwunden oder unscharf geworden, so stelle man die Mikrometerschraube wieder nach.

Sobald das Bild nach einiger Zeit ruhig stehen bleibt, so ersetze man die Einstellscheibe durch die mit der lichtempfindlichen Platte geladene Cassette, stelle einen undurchdringlichen Gegenstand, etwa einen Cartonschirm, vor den Mikroskopspiegel, ziehe den Schieber der Cassette heraus und exponire die Platte dem Lichte, indem man den verdunkelnden Gegenstand so lange vor dem Spiegel wieder wegnimmt.

Die Exposition der Platte muss alsdann ohne äussere Erschütterung sich vollziehen.

Die Platte hat so in der Cassette zu liegen, dass die präparirte Seite derselben nach unten kommt. Diese Seite der Platte erscheint matt, die andere glänzend.

Nach der Exposition controlire man, ob die Einstellung scharf geblieben ist; wenn nicht, so wiederhole man das Verfahren.

Als hauptsächlichste Ursache der nachträglichen Aenderung der Einstellung kann vor allem, wie schon vorher erwähnt, die Wärmeausstrahlung auf das Stativ und Object angesehen werden. Dazu kommen noch die elastischen Nachwirkungen der Mikrometerschraube.

Diese sind, wenn auch nur gering — vielleicht 0·001 bis 0·0001 *mm* — doch, besonders bei 1000facher Vergrösserung, hinreichend, um dem Bilde eine störende Unschärfe zu geben.

Häufig genug gibt man fälschlich die Schuld für die unscharfen Platten einer Focusdifferenz des Objectives.

Bei modernen Mikroskopobjectiven, die sphärisch und chromatisch vollendet corrigirt sind, ist eine Focusdifferenz unmöglich und sämmtliche Aufnahmen haben ohne jede Ausnahme stets das Bild auf der Platte ebenso scharf gezeigt, wie es vorher dem Auge erschienen war.

Alle Strahlen des Spectrums wirken mehr oder weniger auf die photographische Platte, und zwar nach der Art derselben verschieden. Auf die orthochromatischen farbenempfindlichen Platten übt sogar das rothe Licht der Dunkelkammer einen merkbaren Einfluss aus.

Die optisch wirksamste Partie des Spectrums ist auch zugleich die chemisch wirksamste. Die achromatischen Objective der Firma Leitz werden auf die Linien des Spectrums, welche zwischen *C* und *F* liegen, also für die hellste Partie, corrigirt.

Die Dauer der Expositionszeit hängt in erster Linie von der Lichtquelle ab, bei demselben Lichte aber von der Vergrösserung.

Eine sehr geeignete künstliche Lichtquelle ist ein Glühlichtreflector; bei schwachen Vergrösserungen genügt schon Tageslicht und bei starken Vergrösserungen kann selbst Sonnenlicht verwendet werden.

Bei Anwendung von Sonnenlicht wird der Mikroskopspiegel direct auf die Sonne gerichtet und alsdann die dem Apparat beigegebene matte Platte auf ein Stativchen vor den Spiegel gestellt, damit dieselbe das directe Sonnenlicht in diffuses überführt.

Zu den Aufnahmen hat Leitz Perutz'sche Eosinsilberplatten verwendet.

Bei Aufnahmen von gefärbten Präparaten mit röthlichem Farbenton wurde mit Vortheil die Grünscheibe und bei solchen mit bläulicher Färbung die Gelbscheibe benützt.

Mit diesem Apparate wurden die folgenden, in Zinkographie leider schlecht genug wiedergegebenen Photogramme ausgeführt:

Fig. 390: Bronchialschleimhaut mit Flimmerepithelien quer durchschnitten. Objectiv 5 und Ocular 0, Vergrösserung 150mal, Grünfilter, Blende 2 *mm*. Expositionszeit 6 Minuten bei Auerlicht.

Fig. 391: Pestbacillen. Oelimmersion $^1/_{12}$" und Ocular 3. Vergrösserung 800mal, Irisblende offen. Expositionszeit bei Auerlicht $1^1/_4$ Minuten.

Fig. 392: Erde von Nottingham (Diatomeen), mit Objectiv 2 und Ocular 3, Vergrösserung 47mal, Lichtquelle: Gewöhnliches Tageslicht. Expositionszeit 4 Minuten.

Hier wollen wir gleich anführen, dass sich die angewendete Vergrösserung nirgends exacter finden lässt, als beim Mikrophotographiren. Man braucht nur ein Glasobjectmikrometer im Apparat einzustellen und auf der



Fig. 390.

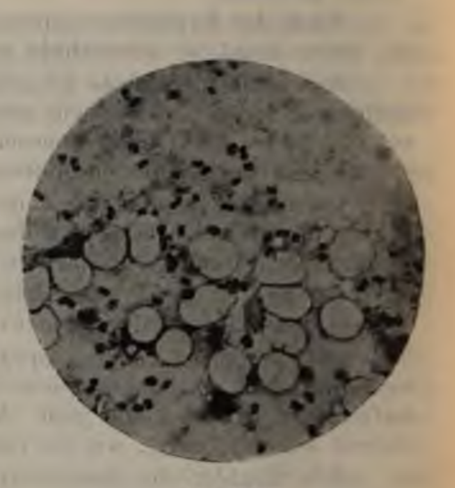


Fig. 391.

Mattscheibe die Theilstriche mit einem Zirkel oder feinen Masstab zu messen. Ist z. B. ein kleinster Theil des Objectmikrometers 0·01 *mm* und erscheint er auf der Mattscheibe 2 *mm* lang, so ist die Vergrösserung eine 200fache. Bei ausziehbaren Cameras kann man umgekehrt die Camera bei bestimmtem Objectiv und Ocular auf eine bestimmte Vergrösserung bringen, indem man sie entsprechend lang macht oder verkürzt.

Fig. 392.

Wir wollen noch einige complete Apparate abbilden. Fig. 393 zeigt uns einen vorzüglichen verticalen Apparat von C. Reichert, bei dem das aufzunehmende Präparat ein undurchsichtiger Metallwürfel ist und von oben beleuchtet wird (auffallendes Licht, „Metallmikroskop" nach Prof. Rejtő, vergl. Fig. 50 auf S. 72 d. B.).

Fig. 394 zeigt einen verticalen, auch horizontal stellbaren Apparat von Zeiss sammt Auerlampe, Condensorlinse und Lichtfiltercuvette. Nach den bisherigen Ausführungen wird dem Leser alles verständlich sein. Wird dieser Apparat horizontal angewendet, so hat er den Fehler, dass Mikroskop und Camera nicht getrennt sind; doch kann durch vorsichtiges Arbeiten auch dieser Fehler compensirt werden. Der Apparat, den Fig. 395 darstellt, ist der neue horizontale

C. Reichert'sche Apparat Nr. III, der sich ebenfalls vertical gebrauchen lässt. Er besteht aus zwei Schienen B und B', von denen die grössere Camera und Mikroskop, die kleinere dagegen die Hilfsapparate, Lichtfilter, Blenden etc. trägt. Bei D lässt sich behufs Einstellung der betreffenden Stelle im Präparate bei Ocularbeobachtung das Stativ aus der optischen Bank herausdrehen. H ist der Hook-sche Schlüssel, der nach erfolgter Einstellung irgendwo sicher aufliegen muss, l ist ein höher und tiefer stellbarer Cameraständer, bei C ist ein ebensolcher angebracht. Bei Bl ist eine Irisblende, bei F die Lichtfiltercuvette, bei L die Sammellinse (Condensor) angebracht. Eine Wärmeabsorptionsvorrichtung ist bei Auerlicht nicht nothwendig. Die Zusammenstellung und Centrirung eines solchen Apparates ist nicht so leicht, als es scheint. C. Reichert beschreibt diese in seinem „Leitfaden zum Gebrauche der mikrophotographischen Apparate aus der optisch-mechanischen Werkstätte von C. Reichert" wie folgt:

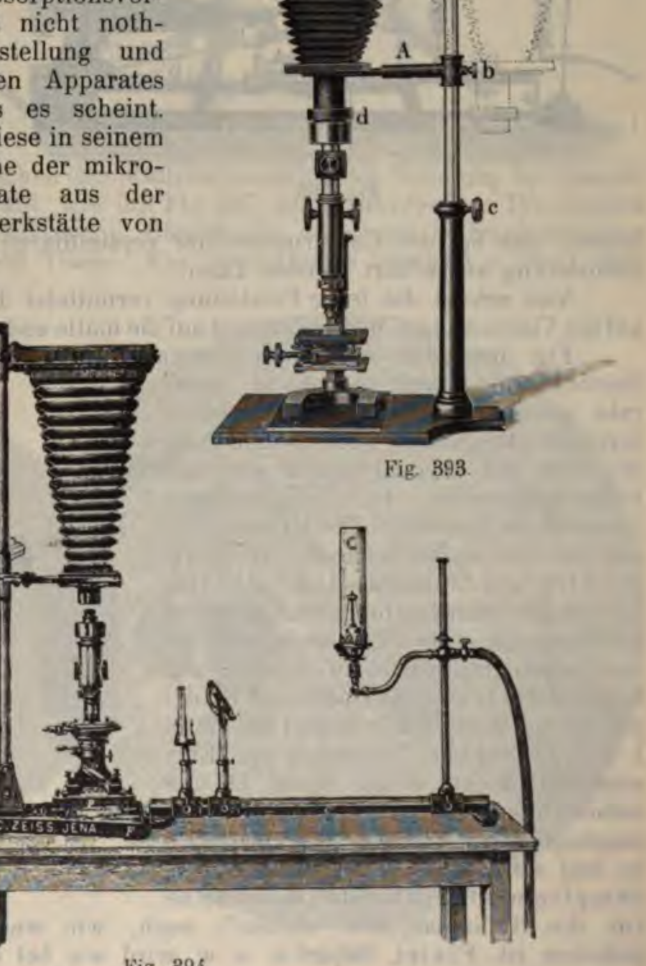


Fig. 393.

Fig. 394.

Das Einstellen erfolgt, indem das umgelegte Mikroskop, Camera, die Hilfsapparate (als Lichtfilter, Beleuchtungslinse, Blendungsständer), sowie die zu benützende Lichtquelle in eine genau horizontale Axe gebracht werden.

Man verfährt dabei in der Weise, dass man zuerst eine grobe Einstellung der optischen Axe der einzelnen Gegenstände durch Ausmessen

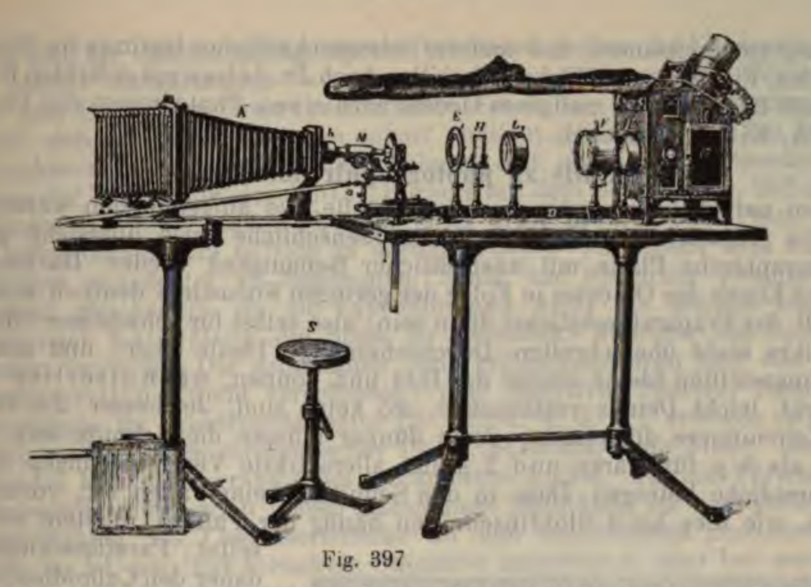


Fig. 397

ganz nach den Neuhaus'schen Grundsätzen bezüglich der Trennung der Camera und des Mikroskopes gebaut, wie ihn Fig. 397 zeigt, besprechen. Die Camera steht auf einem Tische, Mikroskop, Blende u. s. w. sammt Schuckert'scher Lampe auf einem anderen Tische. Ein verstellbares Stockerl *s* dient dem Operirenden als Sitz. Die Camera besteht aus zwei Theilen, bei Aufnahmen mit kurzer Balglänge wird nur der vordere benützt. Als Lichtquelle dient eine selbstregulirende Schuckert'sche elektrische Bogenlampe in Gebäuse mit Skioptikoncondensor L, welcher die Strahlen parallel macht; diese treffen auf die Wasserkammer F auf, durch die Wasser fliesst und die Wärmestrahlen absorbirt. Statt fliessenden Wassers kann aber auch eine filtrirte concentrirte Alaunlösung dienen. Hierauf gehen die Strahlen durch die Condensorlinse L_1, deren Brennpunkt noch vor dem Abbe'schen Condensor, aber nahe dessen unterer Linse liegt. Hierauf geht das Licht durch die Lichtfilterfassung F und von da durch die Iris E zum Abbe'schen Beleuchtungsapparat. Ueber der optischen Bank ist ein dunkles Tuch angebracht, um von ihr alles Seitenlicht abhalten zu können. Mit Hilfe solcher Apparate wurden die subtilsten Resultate der Bakterienforschungen des deutschen



Fig. 398.

Reichsgesundheitsamtes und anderer wissenschaftlicher Institute im Bilde festgehalten. Fig. 398 zeigt Milzbrandbacillen nach Dr. Johne mit gefärbten Kapseln. Fig. 399 Bacillen von malignem Oedem nach einem Photogramm von Professor Dr. Th. Kitt in München.

IX. Die zu photographirenden Objecte

müssen natürlich wenigstens an jener Stelle, die aufgenommen werden soll, tadellos präparirt sein. Vieles, was das menschliche Auge übersieht, gibt die photographische Platte mit unerbittlicher Genauigkeit wieder. Da blos eine einzige Ebene des Objectes in Folge der geringen Focustiefe deutlich erscheint, so soll das Präparat möglichst dünn sein, also selbst für schwächere Objective 10 Mikra nicht überschreiten. Durchscheinende Theile ober- und unterhalb der eingestellten Ebene stören das Bild und können, wie Kaiserling richtig bemerkt, leicht Details vortäuschen, wo keine sind. Je besser die Färbung das Zelleninnere differenzirt, desto dünner müssen die Schnitte sein. Nicht mehr als 5 μ für starke und 2 μ für allerstärkste Vergrösserungen soll die Präparatdicke betragen. Dass in den Schnitten keine Falten etc. vorkommen sollen, wie dies bei Celloidinschnitten häufig der Fall ist, versteht sich von selbst; Paraffinschnitte sind daher den Celloidinschnitten vorzuziehen und werden am besten mit Eiweissglycerin (vergl. S. 211 d. B.) aufgeklebt, nachdem sie mit Hilfe von warmem Wasser sorgfältig gestreckt wurden. Welche Wichtigkeit die Färbung des Präparates hat, wurde ja schon oben auseinandergesetzt, als von der Wahl der Lichtfilter die Rede war. In Folge der Erfindung der orthochromatischen Platten und der Lichtfiltertechnik ist man wohl gegenwärtig in der Lage, jede Färbung zu wählen, wofern sie nur an sich kräftig genug ist und die Farben sich vom Grunde und von einander genügend abheben. Nach Kaiserling gibt Carminfärbung, Färbung mit Anilinblau oder Methylenblau, besonders wenn nicht überfärbt wurde, ebenso wie das Biondi-Haydenhain'sche Farbengemisch keine guten Resultate, wohl abe[illegible]atoxylin-Eosin, Gentianaviolett und Säurefuchsin, also die rothen [illegible] Farbstoffe.

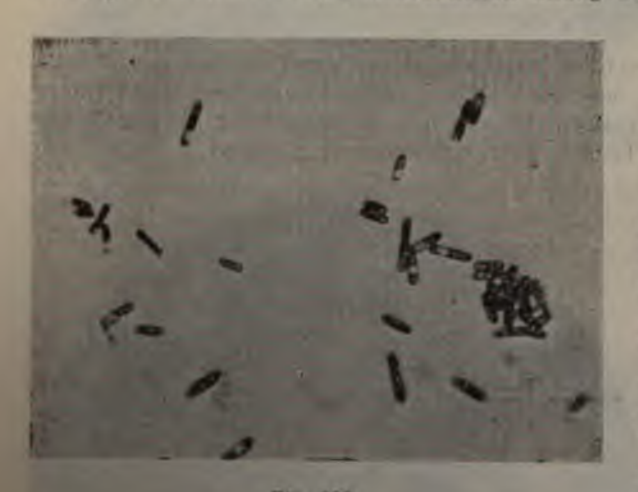


Fig. 399.

[illegible]ckenpräparate sind dünn genug, um gute Bilder zu geben, [illegible]licher Sauberkeit hergestellt sind. Die photographische [illegible]kterienschnittpräparaten gehört dagegen begreiflicherweise [illegible]wierigeren Aufgaben der Mikrophotographie, da es sich [illegible]delt, dass sich die Leiber der Bakterien genügend von den [illegible]n, wobei, wenn die Structuren ebenfalls gefärbt sind [illegible] discreter Gebrauch vom vollen Beleuchtungskegel des [illegible]erden muss, wenn nicht nebelige, verschleierte Bilder [illegible] häufige Uebung lehrt diese Schwierigkeiten besiegen. [illegible] ist die Photographie von Spectren und Polarisa-[illegible] Die Mikrospectraloculare in ihrer gebräuchlichen [illegible] sind nichts weniger als Spectrographen. Die Ver-

bindung mit der Camera erfolgt durch Tuchärmel. Sollen die Frauenhofer-schen Linien einigermassen scharf erscheinen, so muss die Ocularlinse soweit vom Spalte der Gravesande'schen Schneiden entfernt werden, dass der Spalt sich auf der Mattscheibe scharf abbildet. Dies lässt sich bei den gebräuchlichsten Abbe'schen Spectralocularen erst nach entsprechender Umarbeitung der Verbindung des Amici-Körpers mit dem Oculare (Fig. 362 u. 366) vornehmen. Die Photographie wird auf einer orthochromatischen Platte ohne Filter aufgenommen, da es sich ja darum handelt, womöglich alle Farbenabstufungen angedeutet zu bekommen. Scala und Spectrum photographirt man nicht gleichzeitig, da die Expositionszeit nicht die gleiche ist. Man exponirt nach Kaiserling die Scala 20 Secunden, während das Spectrum 2 Minuten benöthigt. Die Aufnahmen von Vergleichsspectren sind von jener des Hauptspectrums nicht verschieden; jene objectiver Spectra, ferner der Erscheinungen im Spectropolarisator (S. 525 u. ff. d. B.) erfolgen wie gewöhnlich mittelst orthochromatischer Platte, ebenfalls ohne Filter. Dasselbe gilt für die Mikrophotographie im polarisirten Lichte. Da die Verwendung von Farbenfiltern bei allen diesen Aufnahmen unzulässig ist, weil gerade die Farbenabstufung das Charakteristische an den betreffenden Erscheinungen darstellt, so ist man auf focusfreie Objective angewiesen, also bei stärkeren und mittleren Vergrösserungen Apochromaten, bei schwächeren Mikroplanare. Am besten macht man Aufnahmen mit dem Polarisationsmikroskope mittelst verticaler Camera, da die Polarisatoreinrichtung der meisten Firmen keine Umlegung des Statives gestattet, ohne dass alles aus der Centrirung kommt. Apochromate mit Flusspathlinsen eignen sich aber nicht zur Aufnahme der Erscheinungen im convergenten Lichte, da ihre Doppelbrechung das Axenbild stört. Gewisse Objecte, die ein Relief aufweisen, hat man stereoskopisch aufzunehmen versucht, so Krystalle etc. Da für den Praktiker jedoch kaum die Nothwendigkeit, zu derlei Aufnahmen zu schreiten, sich ergeben dürfte, so verweisen wir diesfalls auf die einschlägigen Lehrbücher. Erwähnen wollen wir noch, dass E. Leitz empfiehlt, gewisse Objecte, die blos einer schwachen Vergrösserung bedürfen, mit dem sogenannten Edinger'schen Zeichenapparat (Edinger: „Ein neuer Apparat zum Zeichnen schwacher Vergrösserungen", Zeitschr. für wissenschaftl. Mikroskopie, Band 8, S. 179) photographisch aufzunehmen, dass aber Dr. Neuhaus diesen Apparat für Mikrophotographie nicht praktisch gefunden hat. Ich habe keinen Anlass, dem Praktiker zur Anschaffung zu rathen, da als Zeichenapparat der Abbe-sche auch bei schwachen Vergrösserungen am Präparirmikroskop sowohl als am zusammengesetzten genügt, und weil mir das vielseitig verwendbare Lupenmikroskop von Fuess oder ein ähnliches allen Anforderungen der Mikrophotographie von Objecten, die schwache Vergrösserungen erfordern, zu entsprechen scheint.

Wir gehen nun zur Beschreibung von

X. Dr. A. Köhler's mikrophotographischer Einrichtung für ultraviolettes Licht über.

Die besonderen Wirkungen, die durch die Anwendung ultravioletten Lichtes in der mikroskopischen Technik erzielt werden können, sind folgende:

1. Das Auflösungsvermögen der Objective wird in demselben Verhältniss gesteigert, in dem die Wellenlänge des angewendeten Lichtes abnimmt. Bei dem Apparat, von dem hier gesprochen werden soll, beläuft sich diese Steigerung auf das Doppelte des Werthes, den ein Objectiv von gleicher numerischer Apertur bei Tageslicht bieten würde.[1])

[1]) Vergl. in diesem Leitfaden S. 119 und 124. Die S. 119 gemachte Bemerkung, dass die Anwendung ultravioletten Lichtes bisher noch keine über das Experiment hinausgehende praktische Anwendung zur Sichtbarmachung feiner Structuren gefunden hat, trifft wohl nicht mehr zu.

2. Zahlreiche farblose organische Objecte zeigen in frischem wie in fixirtem Zustande beträchtliche Unterschiede in der Durchlässigkeit; sie verhalten sich also, obgleich sie bei weissem Lichte keinerlei Färbung zeigen, dem ultravioletten Lichte gegenüber geradeso wie verschieden gefärbte Objecte.

3. Auf lebende und überlebende organische Objecte übt das ultraviolette Licht zum Theil recht kräftige physiologische Wirkungen aus.

In den unter 1 und 2 genannten Fällen hat das ultraviolette Licht die Abbildung zu vermitteln, und zwar in erster Linie unter Benützung der Photographie; in dem unter 3 genannten Fall kann es nur zur Bestrahlung benützt werden, während die Abbildung auch durch weisses oder gefärbtes, sichtbares Licht geschehen kann. Bei dessen Anwendung beobachtet man mit den gewöhnlichen Achromaten oder Apochromaten.

Die Anwendung des ultravioletten Lichtes auf diesen Gebieten ermöglicht das nach den Angaben Dr. A. Köhler's zusammengestellte Instrumentarium.

Als Objective dienen die von Dr. M. v. Rohr berechneten Monochromate. Die hier angeführten Monochromate sind für ultraviolettes Licht von der Wellenlänge 275 μμ (1000 μμ = 1 μ) corrigirt. Die numerische Apertur des stärksten Systems beträgt 1·25; das Auflösungsvermögen kommt wegen der kleinen Wellenlänge des wirksamen Lichtes demjenigen gleich, das ein — mit den zur Zeit vorhandenen Mitteln nicht herzustellendes — Objectiv von der numerischen Apertur 2·5 bei Tageslicht zeigen würde. Diese Grösse, die das Auflösungsvermögen solcher Objective charakterisirt, die nicht mit Tageslicht benützt werden, ist auf den Tabellen unter der Bezeichnung „relatives Auflösungsvermögen" (r. A.) neben der Apertur bei jedem Monochromaten angegeben.

Die Linsen der Monochromate bestehen aus geschmolzenem Quarz. Die beiden stärksten Systeme sind Immersionen; als Immersionsflüssigkeit dient eine, auf einen bestimmten Brechungsexponenten abgestimmte Mischung von chemisch reinem Glycerin und destillirtem Wasser.

Die Deckplättchen bestehen ebenfalls aus geschmolzenem Quarz. Als Objectträger werden dünne Plättchen aus Bergkrystall oder solche aus ultraviolett-durchlässigem Glase benützt. („Uviolglas" von Schott & Gen. in Jena.)

Mit Licht von wesentlich abweichender Wellenlänge, vor allem mit Tageslicht, können diese Monochromate nicht benützt werden.

Immersionsflüssigkeiten von anderer Zusammensetzung oder [illegible]he, die einen anderen Brechungsexponenten besitzen, wie die [illegible]effenden System beigegebene Immersionsflüssigkeit, [illegible]falls nicht benützt werden, weil dadurch eine erheb[illegible]lechterung des Correctionszustandes herbeigeführt [illegible]e.

[illegible]ection des Bildes auf die photographische Platte dient eine [illegible]ularen, deren Linsen aus Bergkrystall bestehen. Die Ocular[illegible]wie bei den Compensationsocularen, zugleich die Angularver[illegible]

[illegible]phischer Apparat wird die Verticalcamera angewendet, [illegible]nte Aufstellung des mikrophotographischen Apparates [illegible] Fall verschiedene Vortheile vor der wagrechten An[illegible]

[illegible] Beobachtung, sowie zum Einstellen dient der Sucher, [illegible]ner Hilfsapparat, der, wie Fig. 400 zeigt, abwechselnd

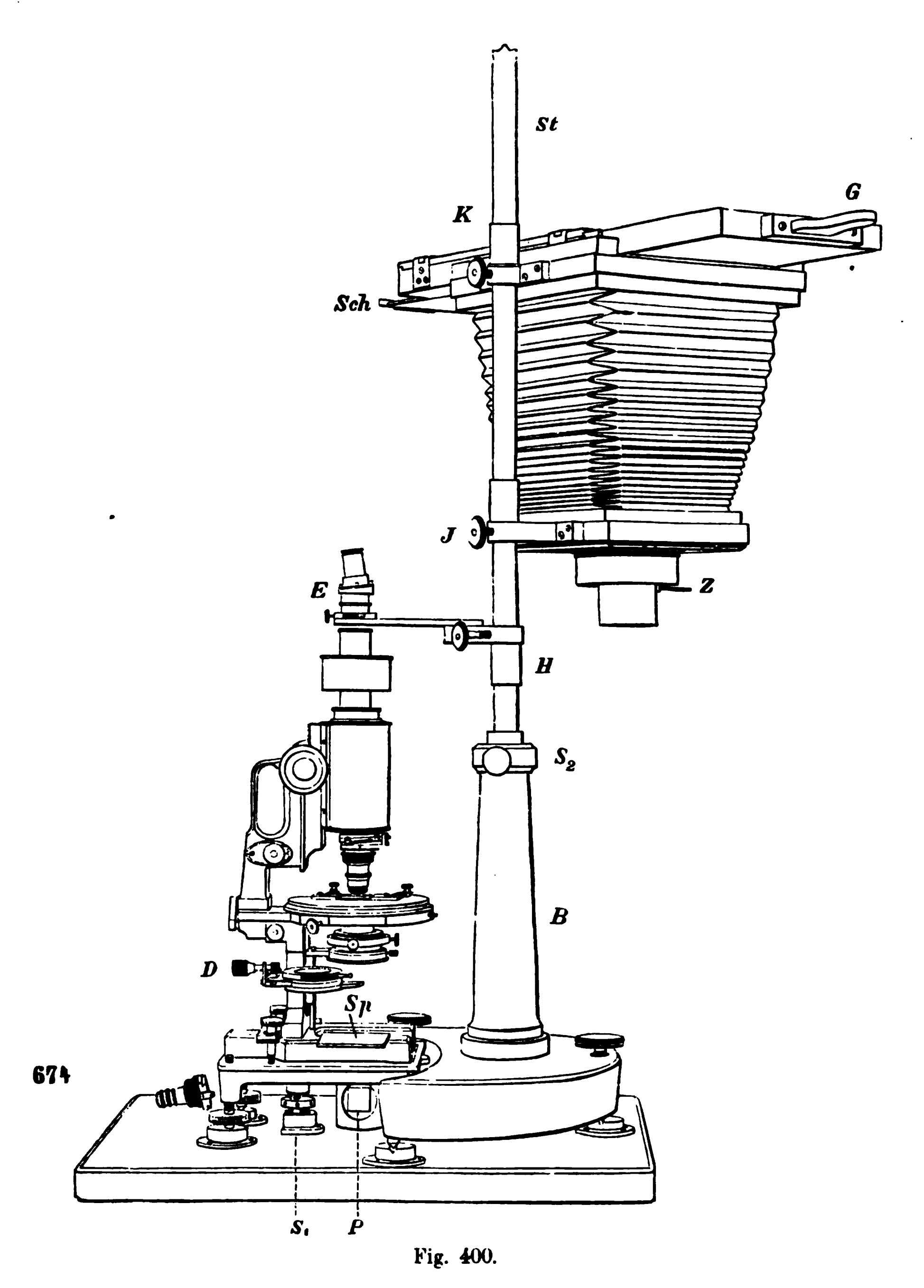


Fig. 400.

B **Fuss der** Verticalcamera; S_2 Klemmschraube zum Festklemmen der drehbaren getheilten **Stange** *St*; *H* verstellbarer Träger für den Sucher *E*; *J* und *K* verstellbare Träger für die **Camera**; *Z* Zeitverschluss; *Sch* aufgezogener Schieber der Schiebecassette; *G* Griff des die photographischen Platten aufnehmenden, verschiebbaren Rahmens.

mit der Camera über das Ocular des Mikroskops gebracht werden kann. Das Bild wird in dem Sucher auf einer fluorescirenden Platte entworfen und durch eine starke Lupe betrachtet. Hat man das Bild auf der fluorescirenden Platte des Suchers scharf eingestellt, so wird es auch scharf auf der photographischen Platte entworfen, wenn man die Camera an die Stelle des Suchers bringt. Voraussetzung ist, dass der Abstand der Platte von dem Oculardeckel etwa 30 *cm* beträgt. Abweichungen der Cameralänge, die einige Centimeter nicht überschreiten, beeinträchtigen dabei die Schärfe der Abbildung nicht merkbar.

Als Lichtquelle dient der zwischen Kadmiumelektroden (in gewissen Fällen auch Magnesiumelektroden) überspringende Funkenstrom einer Leyde-

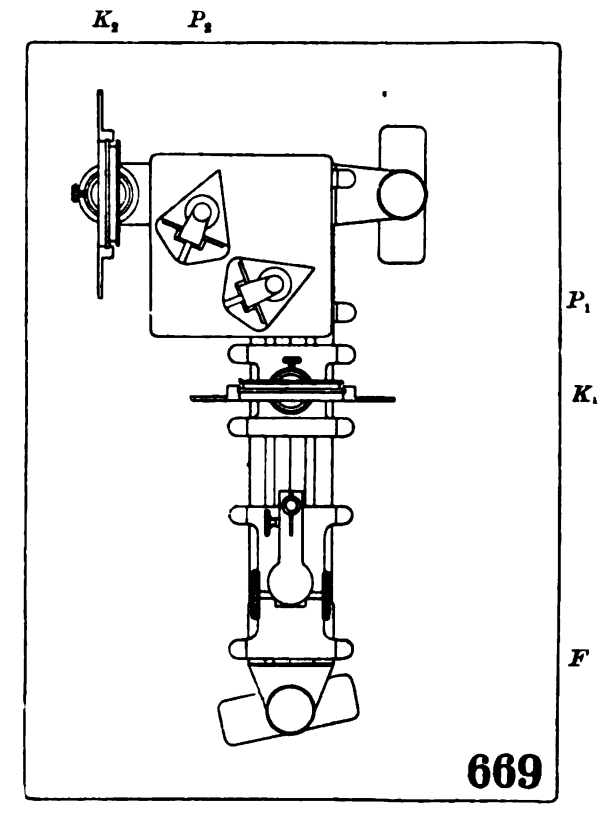


Fig. 401 (Grundriss).

ner Flasche, die am bequemsten durch einen Funkeninductor (von etwa 10 *cm* Funkenlänge) geladen wird.

Das Funkenlicht wird durch einen besonderen Beleuchtungsapparat (Fig. 401) mit Linsen und Prismen aus Bergkrystall zerlegt, und das zur Anwendung kommende Licht von der Wellenlänge 275 $\mu\mu$ (bei Magnesium 280 $\mu\mu$) wird durch eine Irisblende abgesondert. Diese Blende bildet die Eintrittspupille eines Condensors aus Bergkrystall, der an die Stelle der gewöhnlichen, aus Glas bestehenden Condensorsysteme tritt. Er führt dann dieses Licht in Gestalt eines Strahlenkegels von grösserer oder kleinerer Apertur dem Object zu.

Die folgende Tabelle gibt für die Monochromate und die Quarzoculare eine Reihe passend abgestufter Vergrösserungen nebst den zugehörigen

„optischen Cameralängen“. Unter dieser Bezeichnung ist der Abstand der lichtempfindlichen Platte von dem hinteren (oberen) Brennpunkt des Mikroskops verstanden; da dieser durch den Oculardeckel äusserlich genügend genau markirt ist, und da die Lage der Platte auf dem die Cassetten aufnehmenden Theil der Camera durch einen Strich bezeichnet ist, so lässt sich diese Grösse mit einem gewöhnlichen Masstab unmittelbar messen.

Als Vergrösserungszahlen sind, mit zwei Ausnahmen, ganze Vielfache vom Hundert gewählt; so weit als möglich ist dabei zugleich die Forderung erfüllt, dass unter sonst gleichen Bedingungen der Uebergang von einem Ocular zum nächst stärkeren eine Verdoppelung der Expositionszeit bedingt.

Die optischen Cameralängen sind in Centimetern angegeben. Die zwischen den einzelnen Objectiven und Ocularen vorhandenen kleinen Verschiedenheiten der Brennweiten, sowie der Einfluss kleiner Abweichungen der Tubuslänge, die bei Benützung von Wechselvorrichtungen eintreten können, lassen sich nöthigenfalls durch kleine Aenderungen der für die optische Cameralänge angegebenen Werthe ausgleichen. Den Betrag der erforderlichen Correction kann man leicht ermitteln, wenn man bei der in der Tabelle angegebenen optischen Cameralänge den genauen Werth der Vergrösserung durch eine Aufnahme eines Mikrometers bestimmt hat.

Diese Werthe, nämlich die Vergrösserungen und optischen Cameralängen für die Monochromate und die Quarzoculare bei 160 *mm* Tubuslänge und bei der Wellenlänge $\lambda = 275\ \mu\mu$, gibt die Firma Zeiss wie folgt an:

Objective	Oculare	5	7	10	14	20
6 *mm* n. A. 0·35 r. A. 0·70	Vergrösserungen . . .	200	300	450	600	900
	opt. Cameralängen *cm* .	24	25·5	27	25·5	27
	Vergrösserungen . . .	250	400	500	800	1000
	opt. Cameralängen *cm* .	30	34	30	34	30
2·5 *mm* n. A. 0·85 r. A. 1·70	Vergrösserungen . . .	500	700	1000	1400	2000
	opt. Cameralängen *cm* .	26·5	26·5	26·5	26·5	26·5
	Vergrösserungen . . .	600	800	1200	1600	2400
	opt. Cameralängen *cm* .	31·5	30	31·5	30	31·5
1·7 *mm* n. A. 1·25 r. A. 2·50	Vergrösserungen . . .	700	1000	1500	2000	3000
	opt. Cameralängen *cm* .	24	24·5	26	24·5	26
	Vergrösserungen . . .	900	1300	1800	2500	3600
	opt. Cameralängen *cm* .	31	32	31	31	31

Interessant sind noch die Angaben über die Brennweiten, Aperturen und die optische Leistung (relatives Auflösungsvermögen) der neuen Objective für ultraviolettes Licht und der zugehörigen Quarzoculare. Hier folgen sie:

Monochromatobjective, corrigirt für $\lambda = 275\ \mu\mu$ und 160 *mm* Tubuslänge.

	Bezeichnungen	Relatives Auflösungsvermögen
Trockensystem . .	6 *mm*, num. Ap. 0·35	0·70
Glycerinimmersion	2·5 *mm*, num. Ap. 0·85	1·70
	1·7 *mm*, num. Ap. 1·25	2·50

Die in der Tabelle angegebenen Werthe für die numerische Apertur und das relative Auflösungsvermögen sind untere Grenzwerthe; thatsächlich sind sie in der Regel um einige Prozente überschritten.

Jeder Glycerinimmersion werden etwa 15 *g* Immersionsflüssigkeit, sowie ein Fläschchen mit Kappe und Stift aus Glas beigegeben. Die eingeschliffene Kappe des Fläschchens ist mit Vaselin zu bestreichen, damit die Immersionsflüssigkeit ihren Brechungsexponenten nicht durch Aufnahme von Wasser aus der Luft ändert. Das Fläschchen mit dem Vorrath ist gut verschlossen zu halten.

Bei Nachbestellung eines Fläschchens Immersionsflüssigkeit ist die Bezeichnung des Objectivs (Brennweite, Apertur, Tubuslänge, Wellenlänge), sowie dessen Fabrikationsnummer anzugeben.

Zum Centriren des Apparates und zum Durchsuchen des Präparates bei weissem Licht ist noch ein schwächeres Mikroskopobjectiv gewöhnlicher Art erforderlich. Hiezu empfiehlt Dr. Köhler Zeiss' Achromat A, Brennweite 15 *mm*, num. Ap. 0·20.

Quarzoculare.

Bezeichnungen	Vergrösserungen	Brennweiten in *mm*
5	5	36
7	7	26
10	10	18
14	14	13
20	20	9

Zur bequemen Verwendung mit dem Achromaten A ist noch zu empfehlen ein Huygens'sches Ocular 2.

Durch das ultraviolette Licht wird die Leistungsfähigkeit der mikrophotographischen Apparate verdoppelt, was Auflösungsvermögen anbelangt. Auf einem anderen Wege wurde die Grenze der Sichtbarkeit kleinster Theilchen hinausgeschoben und hierüber soll in einem Anhange das Nöthigste mitgetheilt werden.

Anhang.

Neue Beleuchtungsapparate zur Untersuchung ultramikroskopische Theilchen enthaltender durchsichtiger flüssiger oder fester Substanzen.

Seit einiger Zeit gingen Notizen durch die Fach- und Tagesblätter, dass es zwei Gelehrten in Jena unter Benützung der namhaften technischen Behelfe des optischen Institutes der Zeiss-Stiftung in Jena gelungen sei, Mikroskope herzustellen, welche weit über die von Helmholtz für selbstleuchtende, und von Abbe für nicht selbstleuchtende Objecte gefundenen Grenzen der mikroskopischen Wahrnehmung (vergl. hierüber die Ausführungen in den §§ 56 und 57, S. 115 u. ff. dieses Leitfadens) hinaus noch Beobachtungen gestatten. Man habe in scheinbar homogenen Massen, so z. B. in den aus Gold und Glas hergestellten Rubingläsern, in denen auch die besten apochromatischen Objective keine Inhomogenität sehen liessen, die Goldtheilchen deutlich vom Glase unterscheiden können; diese Theilchen seien aber bisweilen blos bis zu 4 Millionstel Millimeter (μμ) gross. Es sei gewiss zu erwarten, dass man die von der physikalischen Chemie als relativ gross angenommenen Eiweissmoleküle mittelst dieses „Uebermikroskopes" (Ultramikroskopes) zu Gesicht bekommen werde u. s. w. Anlass zu diesen, für die Forscher erfreulichen, zum Theil aber gewiss den Ereignissen etwas vorausgeeilten Nachrichten, die aber am allerwenigsten den, wie wir aus ihrer eigenen Publication ersehen werden, strengste Selbstkritik übenden Erfindern angenehm gewesen sein dürften, gab ein Referat in F. 4, Band X, S. 1—30 der Annalen der Physik von 1903, welches die Jenaer Gelehrten und wissenschaftlichen Mitarbeiter des Zeiss'schen Institutes H. Siedentopf und R. Zsigmondy über eine von ihnen gefundene Beleuchtungsmethode zur Sichtbarmachung ultramikroskopischer Theilchen erstattet hatten. Es handelt sich also bei dem sogenannten Ultramikroskop im wesentlichen um einen neuen Beleuchtungsapparat, und zwar eine Art neuartiger Dunkelfeldbeleuchtung. Es ist aus unseren Ausführungen auf S. 70 d. B. bekannt, dass man durch extreme Schiefstellung des Spiegels oder extreme Stellung der Blende des Abbe'schen Beleuchtungsapparates schliesslich eine mit Dunkelfeldbeleuchtung combinirte äusserst schiefe Beleuchtung des Objectes erhält, wenn man Objective von nicht zu grosser Apertur benützt oder ihre Apertur durch Einlegung von Blenden künstlich herabsetzt, und dass der Effect ein ähnlicher ist, als wenn man eine Sternblende (Lichtstopfen) in die Mitte des Beleuchtungssystems eines Abbe'schen Beleuchtungsapparates oder des Wenham'schen Condensors einlegte. Die Objecte scheinen selbst zu leuchten, kleinste Theilchen treten hell auf dunklem Grunde hervor und feine Streifungen werden nach Massgabe der vorhandenen Apertur ebenfalls wahrgenommen. Auf S. 121 und 122 d. B. haben wir den günstigen Einfluss schiefer Beleuchtung auf die Grenzen der Wahrnehmbarkeit besprochen. Denken wir uns nun die Schiefe der Beleuchtung immer

Details oder Structuren dieser Theilchen durch mikroskopische Beobachtung unmöglich ist.

Man könnte nun einwenden, dass der blosse Nachweis von solchen Beugungsscheibchen nicht ausreiche, um die betreffenden Theilchen genügend zu charakterisiren, und damit Untersuchungen, wie die vorliegende, von vornherein als werthlos hinstellen. Wir glauben aber durch unsere Untersuchungen an Goldrubingläsern den bündigen Beweis geliefert zu haben, dass nicht blos der Nachweis des Vorhandenseins einer discontinuirlichen Verteilung von Gold in diesen Gläsern von Interesse ist, sondern dass auch in der Farbe, der Anordnung, dem Polarisationszustand, der Helligkeit und in flüssigen Medien auch in der Art der Bewegung der Scheibchen eine Anzahl individualisirender Merkmale erhalten bleibt, welche in vielen Fällen eine wissenschaftlich ausreichende Charakterisirung ermöglichen.

Die mikroskopische Untersuchung solcher Objecte auf ihre ultramikroskopischen Theilchen lässt sich nicht nach dem üblichen Verfahren bewerkstelligen. Zum Beispiel liessen die gefärbten Rubingläser, in denen wir die verschiedensten Zertheilungen von Gold nachweisen konnten, nach den gewöhnlichen Methoden untersucht, selbst mit der üblichen Anordnung der sogenannten Dunkelfeldbeleuchtung keine Spur einer Trübung erkennen, sondern erschienen homogen. Man hätte bei ihnen eine Andeutung einer Heterogenität erwarten dürfen, da sich die Goldgläser in Dünnschliffen wie gefärbte Bakterienpräparate verhalten sollten. Wir haben daher eine neue Methode ausgearbeitet, welche es gestattet, die Goldtheilchen selbst, soweit als möglich, der directen Beobachtung zugänglich zu machen.

Der Schwerpunkt der Methode liegt in der Anordnung der Beleuchtung, die von der bisher üblichen merklich abweicht. Da im allgemeinen die optisch nachzuweisenden Theilchen nicht oder doch nicht mit genügender spezifischer Intensität selbstleuchtend werden, so ist man von vornherein auf künstliche Beleuchtung angewiesen, und zwar, wie weiterhin noch näher begründet wird, vermittelst spezifisch heller Lichtquellen, wie Bogenlicht, oder noch besser mit directem, hellstem Sonnenlicht.

Die Theilchen werden dann sichtbar durch den von ihnen abgebeugten Strahlenkegel. Nun ist aber die Intensität der beleuchtenden Strahlen merklich höher als die der abgebeugten. Um daher kleinere Theilchen durch ihre Beugungswirkung sichtbar zu machen, ist es ein Haupterforderniss, die Beleuchtung so anzuordnen, dass in dem zur Sichtbarmachung verwendeten Strahlenkegel abgebeugten Lichtes keiner der beleuchtenden Strahlen enthalten ist. Eine solche Anordnung würde im Princip auf eine sogenannte Dunkelfeldbeleuchtung hinauskommen. Nun lässt aber das übliche Arrangement einer solchen bei Anwendung von Bogen- und Sonnenlicht eine solche Unzahl von Reflexen an den zahlreichen Linsenflächen des Condensors und des Mikroskopobjectives entstehen, dass dadurch das Princip einer Dunkelfeldbeleuchtung praktisch illusorisch wird.

Mikroskopobjectiv
Beugungskegel, soweit er zur Abbildung benützt wird
Condensor
Beleuchtungskegel

Fig. 402

Trifft man jedoch die Einrichtung so, dass die Axe des Beleuchtungskegels senkrecht steht auf der Axe des für die Sichtbarmachung zur Geltung kommenden Beugungskegels, und sind die beiden Kegel weiterhin so dimensionirt, dass sie sich nicht durchdringen, so bleiben

der Grösse der in Betracht kommenden Goldtheilchen, beziehungsweise der oberen Grenze dieser Grösse.

Um einen annähernden Begriff von der von uns angewandten Methode der Grössenbestimmung zu geben, sei hier ein den thatsächlichen Verhältnissen angepasstes Beispiel eingefügt. Ein Goldrubinglas enthalte in einem Kubikmillimeter Glas im ganzen 80 Millionstel Milligramm Gold; wie wir uns aber durch Auszählung kleiner Raumelemente überzeugen konnten, sind in einem Kubikmillimeter Rubinglas meist mehrere Milliarden Goldtheilchen enthalten. Nehmen wir einen Abstand von 1 μ an, so sind in einem Kubikmillimeter 1.000,000.000 Theilchen vereinigt, und ein Theilchen hat dann das Gewicht von

$$\frac{80}{1,000.000 \times 1.000,000.000} \; mg$$

Die kleinsten Goldtheilchen, welche wir auf diese Weise, allerdings nur mit grösster Mühe, bei hellster Sonnenbeleuchtung sehen konnten, hatten eine Masse von weniger als 10^{-15} *mg*, wohl die kleinsten Gewichtsmengen, die bisher direct wahrgenommen werden konnten.

Zum Vergleich diene der Nachweis von $0{\cdot}14 \times 10^{-6}$ *mg* Natrium (Kirchhoff und Bunsen) und 7×10^{-14} *mg* Wasserstoff (Emich) mittelst Spectralanalyse, ferner von $2{\cdot}2 \times 10^{-9}$ *mg* Mercaptan (Fischer und Penzoldt) und 10^{-11} *mg* Jodoform (Berthelot) durch den Geruchsinn, 3×10^{-7} *mg* Aetznatron (Emich) durch Anwendung von Lackmusseide auf chemischem Wege.

Aus der Gewichtsmenge der Goldtheilchen lässt sich ihre Lineardimension leicht berechnen, wenn man die Annahme macht, dass dieselben Würfelform besitzen und dass ihr spezifisches Gewicht gleich dem des gewöhnlichen metallischen Goldes sei. Wir erhielten auf diese Weise in einzelnen, rothgefärbten Rubingläsern *A*, *B* und *C* die folgenden Dimensionen als obere Grenzen: *A* 4 bis 7 μμ (1 μμ = 1 Millionstel Millimeter), *B* 10 bis 15 μμ, *C* 20 bis 30 μμ.

Verdorbene, wenig gefärbte oder ungefärbte Rubingläser, die mehr oder weniger getrübt erschienen, enthielten Theilchen von 130 bis 170 oder auch von 490 bis 800 μμ Durchmesser.

Mit der Feststellung dieser Daten haben wir aber auch den Beweis erbracht, dass das Mikroskop thatsächlich zur Beobachtung weit kleinerer Theilchen verwendet werden kann, als man gewöhnlich anzunehmen pflegt, und dass man mit Hilfe dieses vortrefflichen optischen Instrumentes noch sichere Aufschlüsse über Zertheilungsgrade der Materie erhalten kann, welche bisher weder den gewöhnlichen Methoden der Mikroskopie, noch auch den physikalisch-chemischen Methoden zugänglich waren.

Die nicht unbeträchtlichen Erfolge bei der Untersuchung von Rubingläsern könnten aber leicht zu einer Ueberschätzung unserer Methode, die Sichtbarmachung ultramikroskopischer Theilchen betreffend, Veranlassung geben, der wir an dieser Stelle vorbeugen möchten.

Vor allem sei hier hervorgehoben, dass unser Verfahren keinerlei Aufschluss über Form und Gestalt der kleinen Theilchen gibt; sie mögen wie auch immer geformt sein, stets wird man nur ein kleines Scheibchen als Beugungsbild erhalten. Nur wenn ultramikroskopische Theilchen so ausgebildet sind, dass eine ihrer Dimensionen grösser als eine halbe Wellenlänge wird, können sie unter dem Mikroskope als Stäbchen, Fäden oder elliptische Scheiben sichtbar werden. Die runden Beugungsscheibchen verschiedenartiger Theilchen besitzen aber je nach Grösse und Färbung derselben grosse Mannigfaltigkeiten der Helligkeit nnd Farbe.

Es sei noch erwähnt, dass wir gerade bei Gold und Silber zur Sichtbarmachung so kleiner Theilchen gelangen konnten, da der Brechungsindex dieser Edelmetalle ausserordentlich verschieden ist von demjenigen des einschliessenden Mediums. Bei Zertheilung von Oxyden, organischen Körpern u. s. w., wie sie in den colloidalen Lösungen von Kieselsäure, Thonerde, Eiweiss u. s. w. vorliegen, wird unsere Methode viel früher versagen, weil der Brechungsindex dieser Körper dem des Mediums (hier Wasser) viel näher steht.

Flüssigkeiten solcher Art können weit grössere Theilchen enthalten als die den Rubingläsern analogen colloidalen Metallösungen und dennoch ebenso klar erscheinen wie diese. Hier kann unsere Methode zunächst nur dazu dienen, einen annähernden Anhalt zu geben über die Grössenordnung der in Betracht kommenden Theilchen. Selbst bei Rubingläsern und colloidalem Golde allerfeinster Zertheilung versagt unsere Methode, allerdings erst bei Theilchengrössen, welche den molecularen nahe kommen oder diese erreichen.

Dagegen dürfte die Sichtbarmachung von Molecülen fluorescirender Farbstoffe nicht ganz aussichtslos sein, vorausgesetzt, dass es sich um hochmoleculare, intensiv fluorescirende Körper handelt.

Unter günstigsten Bedingungen konnten wir bisher ungefähr 5×10^{-17} *mg* Fluorescein nachweisen, also noch geringere Substanzmengen als in den Goldgläsern. Der Lichtkegel war aber bei Fluoresceinlösungen nicht mehr auflösbar, sondern erwies sich als homogen.[1]) Aescorcein, welches Herr C. Lieberman uns freundlichst zur Verfügung stellte, verlor leider seine Fluorescenz bei der nothwendigen, sehr weitgehenden Verdünnung.

Von allgemeinerem Interesse dürfte auch die Frage sein, ob unsere neue Beleuchtungsmethode sich auch bei Untersuchung von Zellen, Geweben u. s. w. mit Vortheil wird anwenden lassen. Diese Frage muss dahin beantwortet werden, dass die gegenwärtige Form der Einrichtung solche Vortheile nicht gewährt, dass aber zu erwarten ist, dass bei weiterer Ausbildung des Mikroskops unter Anwendung von intensiveren Lichtquellen auch in dieser Richtung wahrscheinlich Fortschritte zu erzielen sein werden.

Es ist ferner sehr wahrscheinlich, dass sich kleine Lebewesen, z. B. Bakterien, die sich bisher der Beobachtung entzogen haben, nach unserem Verfahren werden sichtbar machen lassen. Die Ueberwindung der mit ihrer Identificirung verbundenen Schwierigkeiten muss allerdings der Zukunft vorbehalten bleiben.

Diese Untersuchung ist durch die liberale Gewährung der Mittel, wel[illegible] [illegible] die Firma Zeiss in Jena zur Verfügung stellte, wesentlich unterst[illegible] [illegible] wir ihr hier unseren besten Dank aussprechen."

[illegible]satz von den Erfindern ausgesprochene Hoffnung, [illegible]roskop auch kleine Lebewesen, die sich bisher [illegible] [illegible]aben, also z. B. Bakterien von einer Kleinheit, die [illegible] mit unseren bisherigen Hilfsmitteln unmöglich [illegible]scheinlich sichtbar machen lassen, schlägt die Brücke [illegible]rschung im strengsten Sinne dienenden wissenschaft[illegible] [illegible]inem Beobachtungsmittel des Praktikers. Es steht [illegible]chen mikroskopischen Technik gewidmeten Leit[illegible]

[illegible] Wolkenbildung bemerkbar, [illegible] vielleicht als Andeutung der [illegible] fluorescirenden Molecüle.

faden nicht zu, die seit Erfindung des Ultramikroskopes damit gemachten diesbezüglichen Entdeckungen kritisch zu besprechen, und ich unterlasse daher auch ihre Anführung, insofern sie noch keine Verwendung in der Praxis gefunden haben. Dagegen glaube ich, dem geehrten Leser die Beschreibung der ultramikroskopischen Apparate und deren Handhabung, also das rein Technische an dem ultramikroskopischen Instrumentarium, nicht vorenthalten zu dürfen, da jeder Tag eine Entdeckung oder eine Methode bringen kann, welche das Ultramikroskop plötzlich vielleicht zu einem, auch für den Praktiker dieses oder jenen Faches unschätzbaren Untersuchungsbehelfe macht. Entsprechend der Genesis der ultramikroskopischen Untersuchungsmethode will ich zunächst, obgleich auch C. Reichert in Wien derartige, den Zeiss'schen ähnliche ultramikroskopische Einrichtungen hergestellt hat, die zu ihrer Ausübung nöthigen Instrumente an der Hand der Zeiss'schen Construction, die ja unter der steten Mitwirkung der Erfinder erfolgte, besprechen und abbilden. Die Apparate sind verschieden zusammengestellt, je nachdem man direct feste durchsichtige Körper (z. B. Goldrubinglas oder Saphiringlas) oder Flüssigkeiten in Massen untersuchen will, oder ob man beabsichtigt, zwischen Objectträger und Deckglas befindliche ultramikroskopische Objecte, z. B. Substrate, von denen man vermuthet, dass sie Bakterien, die bei der gewöhnlichen mikroskopischen Methode sich durch ihre Kleinheit der Beobachtung entziehen, enthalten können, der Untersuchung zu unterwerfen. Gemeinsam ist allen Apparaten als Lichtquelle eine in einen lichtdichten Kasten eingebaute, selbstregulirende Bogenlampe,[1]) wie sie auch zu grösseren Projectionsapparaten (Skioptikon) und in der Mikrophotographie benützt wird, eine sogenannte optische Bank, die wir auch schon aus dem Abschnitte über die Apparate zur Mikrophotographie kennen und schliesslich ein Mikroskop, welches im Wesen sich in keiner Weise von den gewöhnlichen Mikroskopen unterscheidet.

Als Stativ dient entweder ein mit einem beweglichen Tisch versehenes mittleres Stativ (Zeiss III), mit der beim Abschnitte „Apparate zur Mikrophotographie" beschriebenen Berger'schen Mikrometerbewegung oder ein grosses mikrophotographisches Stativ, wie wir ja solche verschiedener Firmen in dem Abschnitte über Apparate zur Mikrophotographie ebenfalls bereits kennen gelernt haben. Weder ein beweglicher Tisch noch die neue Mikrometerbewegung sind wesentliche Attribute des Statives, das zu ultramikroskopischen Untersuchungen dienen kann, doch ist besonders ersterer zur bequemen und störungsfreien Beobachtung ultramikroskopischer Objecte zwischen Objectträger und Deckglas nothwendig. Jedenfalls aber muss das zu diesen Untersuchungen herangezogene Stativ das Substage für den Abbe'schen Beleuchtungsapparat besitzen, da der Dunkelfeldcondensor, den die Firma Zeiss liefert, nur in dieses passt. Auch muss das Stativ sich auf der optischen Bank befestigen lassen. Andere Grundbestandtheile sind ein beweglicher Spalt und ein Projectionsobjectiv von 80 *mm* Brennweite, welches sich auf einem sogenannten „Reiter" auf der optischen Bank verschieben lässt, und ein ebensolches von 55 *mm* Brennweite. Ueber die Beobachtungsobjective und sonstige Erfordernisse werden wir an der Hand der vom Zeiss'schen Institute herausgegebenen Beschreibung im Folgenden informirt werden. Zunächst wollen wir annehmen, es handle sich um Sichtbarmachung ultramikroskopischer Theilchen in einer in grösserer Menge zur Verfügung stehenden

[1]) In Ländern mit meist heiterem, selten bewölktem Himmel kann auch die Sonne als Lichtquelle dienen, in welchem Falle man ihre Strahlen mittelst eines Uhrwerkheliostaten in den Apparat wirft.

Flüssigkeit, z. B. Collargol (Argentum colloidale Credé) in einer Verdünnung der 2procentigen Lösung von $^1/_{2000}$ u. a. m. scheinbar homogene, aber doch kleinste schwebende Theilchen enthaltende flüssige Medien.

Die Fig. 403 gibt die Gesammtansicht der Aufstellung, wie sie sich für die Untersuchung ultramikroskopischer Theilchen in Flüssigkeiten[1]) eignet.

Der Apparat ist auf einer Tischplatte *a* montirt, auf der sich eine 1 *m* lange optische Bank *b* befindet. Die Tischplatte ist etwa 34 *cm* länger als die Bank. Der freie Platz bleibt unbenützt, wenn mit Sonnenlicht gearbeitet wird; er dient zur Aufstellung einer Bogenlampe, falls mit künstlichem Lichte gearbeitet werden soll.

Bei Verwendung von Sonnenlicht muss dieses durch einen Heliostaten in horizontaler Richtung in den Apparat reflectirt werden. Am vortheilhaftesten ist die Verwendung von Uhrwerkheliostaten. Der Heliostat wird ausserhalb der Wand im Freien montirt und das Licht durch eine Oeffnung in der Wand oder im Fensterladen in das Zimmer eingelassen.

An seiner Stelle ist in Fig. 403 bei *c* die selbstregulirende Projections-

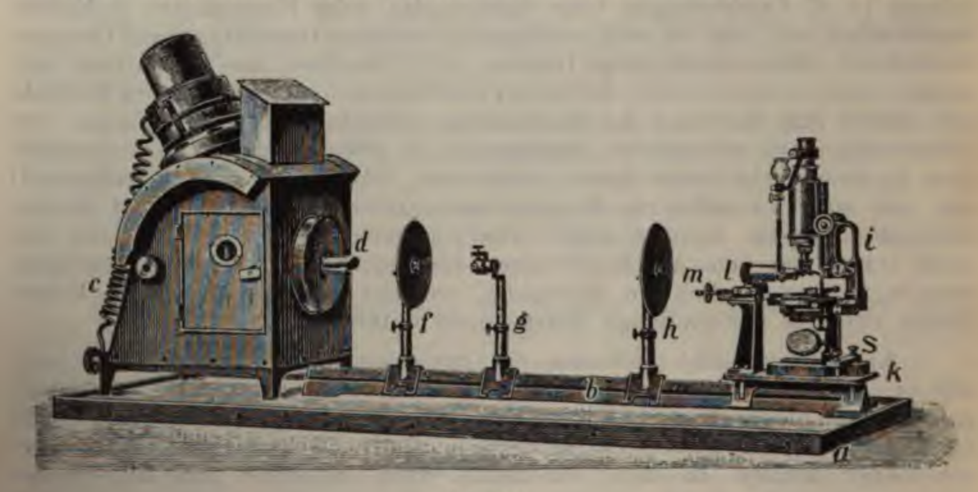


Fig. 403.

Bogenlampe auf der Tischplatte montirt. Die Lampe ist auf der Tischplatte so aufgestellt, dass die Axe des schmalen, durch die vorn aufgesetzte Blende *d* austretenden Lichtbüschels der optischen Bank parallel gerichtet ist.

Die Verwendung einer anderen künstlichen Lichtquelle ist nicht em-
'ehlenswerth. Die „sichtbarmachende Kraft" hängt nur von der specifi-
chen Intensität der Lichtquelle ab und hierin ist die Bogenlampe den
ideren künstlichen Lichtquellen weit überlegen. Ihre specifische Intensität
t nur durch die der Sonne übertroffen, die an klaren Sommertagen bei
n Stande der Sonne in ihrem Centrum etwa zehnmal so stark ist.

i kleines Projectionsobjectiv *f* von 80 *mm* Brennweite ist, auf
eiter montirt, etwa 41 *cm* vom Anfang der optischen Bank auf ihr
Das Objectiv ist von einem runden Blechschirm von 15 *cm* Durch-
'eben, um Seitenlicht abzuhalten. Es ist so auf die Bank zu setzen,

[1]) …e Apparat kann natürlich auch zur Beobachtung ultramikroskopischer
…sten Körpern, z. B. einer dicken Platte von Goldrubinglas dienen, in
…öhrchen, Trichter und Hähne wegfallen und auf dem Mikroskopobject-
…cher Ständer zur Aufnahme der zu untersuchenden Glasplatte angebracht
… weiter unten eine solche Einrichtung von Herrn C. Reichert in Wien
…chreiben.

dass die Frontseite des Objectivs nach dem Mikroskop zu gerichtet ist. Das Objectiv ist chromatisch und sphärisch corrigirt.

Es ist nothwendig, ein solches zu wählen, weil das Licht hinterher einen relativ sehr engen Spalt passiren muss. Bei Beleuchtung durch eine nicht corrigirte Linse würden nur bestimmte Farben und diese nur in gewissen Richtungen den Spalt passiren können.

Zwecklos würde es sein, an dieser Stelle etwa mit grossen Sammellinsen „möglichst viel Licht zu sammeln". Das Product aus der beleuchteten Fläche und dem Beleuchtungswinkel im Präparat, die sogenannte Lagrange-sche Constante, kann bei der ganzen Anordnung nur kleine Werthe annehmen, so dass selbst die kleinen Projectionsobjective als reichlich gross anzusehen sind.

Es folgt auf der optischen Bank ein Präcisionsspaltkopf *g*. Er ist gleichfalls auf einem Reiter montirt und wird auf der optischen Bank so weit verschoben, bis das Projectionsobjectiv *f* auf dem Spalte ein reelles Bild der Lichtquelle entwirft. Bei Anwendung von Sonnenlicht beträgt der Abstand des Spaltes vom Objectiv etwa 80 *mm* (Abstand gleich der Brennweite des Projectionsobjectivs), und das Bild der Sonne ist nahezu 1 *mm* gross.

Der Spaltkopf ist in Fig. 404 für sich abgebildet. An ihm befindet sich eine Trommel *c* mit einer Theilung am Rande. Diese Trommel muss bei der Benützung nach oben gerichtet sein, dann liegt der Eintrittsspalt horizontal. Die Trommeltheilung umfasst 50 Theile. Eine Umdrehung der Trommel öffnet der Spalt um $^1/_2$ *mm*, so dass er bei Drehung der Trommel um einen Theilstrich um $^1/_{100}$ *mm* geöffnet wird. Für die Untersuchung von Flüssigkeiten liegt die günstigste Spaltbreite zwischen $^1/_{10}$ bis $^4/_{10}$ *mm*, entsprechend einer Stellung des Index zwischen 10 und 40. Man überzeugt sich eventuell zur Sicherheit noch davon, dass die richtige Spaltbreite gewählt ist, indem man nach Augenmass die Breite des Spaltes abtaxirt, um zu verhindern, dass man nicht etwa bei der zweiten Umdrehung der Trommel die Einstellung des Spaltes macht, bei welcher der Index wieder auf 10 oder 40 stehen würde.

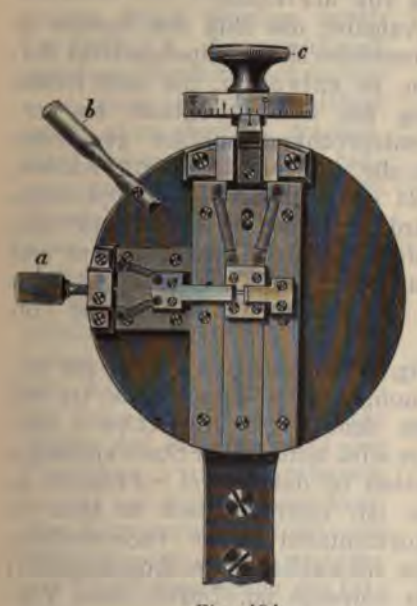


Fig. 404.

Die Einstellung der Trommel zur besten Sichtbarmachung variirt mit Lichtquelle, Beobachter und Präparat. Die Aichung braucht natürlich nur einmal vorgenommen zu werden, da das erleuchtete Volumenelement der Spaltbreite direct proportional ist.

Auffällig eng, und zwar auf einen Index kleiner als 10 ist die Trommel bei Untersuchung von Collargol (Argentum colloidale Credé) zu stellen, das übrigens bei einer Verdünnung von 1 zu etwa 2000 der 2 procentigen Lösung ein gutes Demonstrationsobject ist.

Am Spaltkopf sind ferner zwei zum Spalte senkrecht stehende Spaltbacken sichtbar, von welchen die eine durch Federn gehalten wird und durch die Schraube *a* bewegt werden kann. Diese Backen begrenzen die Länge des Spaltes. Man wird sie bei Verwendung von Sonnenlicht bis au etwa 1 *mm* zusammenbringen.

richtigen Stellung muss sich die Frontlinse des Beleuchtungsobjectivs etwa 1 *mm* Abstand von der Fassung des zur Beobachtung dienen Objectivs D^* befinden.

Zu diesen Untersuchungen sind sämtliche grösseren Stative Ze geeignet. Da das Stativ nur in aufrechter Stellung benützt wird, kommt Gelenkeinrichtung zum Schiefstellen der Mikroskopaxe nicht in Anwend Es werden ebenfalls nicht benützt der unter dem Tisch befindliche leuchtungsapparat und bei Untersuchungen von Flüssigkeiten der Mikroskopti

Am Tubus (Fig. 405) des Mikroskopstativs ist mit Schlittenobjectivwechsler das Objectiv D^* befestigt.



Fig. 405.

An diesem Objectiv befindet sich in einem Specialhalter die zur Beobachtung dienende Cuvette. Der Specialhalter (Fig. 406) besteht aus dem oberen, um die Objectivfassung gelegten Bügel c_1 und dem unteren, nur die hintere Hälfte der Fassung der Frontlinse umgebenden Bügel c_2; diese beiden Bügel werden durch die Federn d_1, d_2 auseinander gehalten. Durch die Schrauben e_1, e_2 kann der untere Bügel nach oben bewegt werden. Die Cuvette wird in zwei Einschnitte an der Unterseite des Bügels c_2 gelegt und dort durch zwei mit Schrauben angezogene Federn f_1, f_2 festgehalten.

Man umgeht bei dieser Einrichtung der mit dem Specialhalter angeschraubten Cuvette das Einstellen (Focussiren) auf eine Objectebene, was wegen der Beweglichkeit der Theilchen von vornherein bereits misslich ist, und kann die Mikrometerschraube des Mikroskoptubus ohne weiteres zur Verticalbewegung der Cuvette benützen, um auf die Axe der beleuchtenden Strahlen einzustellen. Die Einrichtung gestattet ausserdem, in kürzester Frist Reihe von Flüssigkeiten in bequemer Weise der Untersuchung zu unterwe

Die Cuvette für sich ist in Fig. 407 (S. 582) wiedergegeben.

Von ihren beiden Quarzfenstern[1]) c_1, c_2 (Fig. 407) muss das eine der Lichtquelle zugekehrt, das andere parallel der Fläche der Frontlins

[1]) Quarz empfiehlt sich wegen seiner Indifferenz gegenüber Flüssigkeiten. In s geschmolzenen, von Doppelbrechung befreiten Zustande gestattet er eine scharfe Abbi des Spaltes im Präparat und Abbildung der Theilchen durch das Beobachtungsobj ohne störende Polarisationserscheinungen zu bewirken.

dass man einerseits seine Breite direkt durch Ablesung am Ocularmikrometer bestimmt, wie das Fig. 408 unmittelbar zeigt.

Sodann dreht man den Präcisionsspaltkopf um 90°. Es projicirt sich dann die eigentliche Spaltbreite, welche der Tiefe der Beobachtung entspricht, im mikroskopischen Bilde von links nach rechts. Die Ablesung am Ocular-

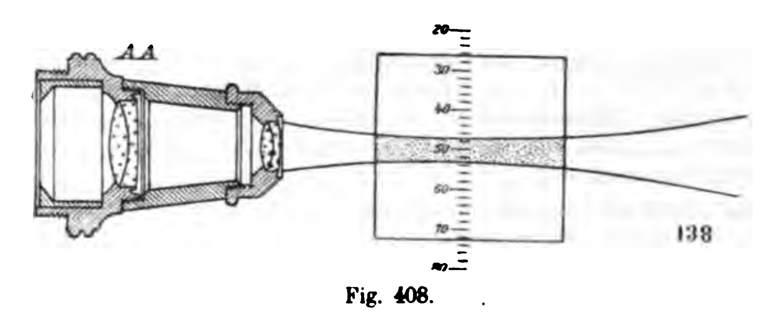


Fig. 408.

mikrometer ergibt wieder unmittelbar die Tiefe. Zweckmässig werden hiebei die Seitenbacken möglichst eng zusammengeschoben.

Es erübrigt noch, einen Theil des Lichtkegels vorn und rückwärts ab-

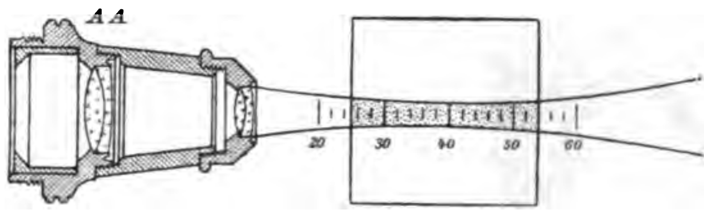


Fig. 409.

zugrenzen. Es geschieht dies durch Drehen des Ocularmikrometers in die Stellung der Fig. 409.

Statt der Theilung können im Ocular quadratische Felder angebracht sein. Sind deren Dimensionen bekannt, so ergibt sich die Abgrenzung des Strahlenkegels ebenso unmittelbar. Fig. 410 zeigt die Netztheilung im Huygens'schen Ocular 4. Sie enthält 18 quadratische Felder. Die Seitenlänge eines solchen Quadrates hat in der Combination mit der Wasserimmersion D^* und einer Tubuslänge von 160 *mm* einen Werth von nahezu 9 μ, bezogen auf das Object. Diese Angabe ist für ungefähre Messungen ausreichend. Handelt es sich jedoch um genaue Messungen, so muss der Beobachter den Werth für das von ihm benützte Ocular und Objectiv durch Vergleichung mit einem Objectmikrometer feststellen.

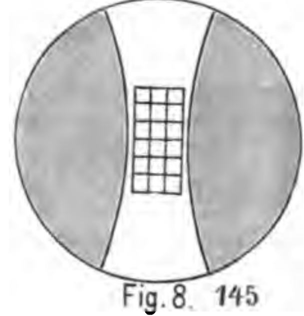


Fig. 410.

Auf das Ocular endlich wird zur Beobachtung des Polarisationszustandes der Theilchen ein Analysator gesetzt. Die Theilchen zeigen sich, je kleiner sie werden, desto mehr nach der Ebene polarisirt, welche durch die Axe der beleuchtenden und abgebeugten Strahlen geht (Hauptbeugungsebene). Der Analysator dient ferner zur Unterscheidung des nicht polarisirten Fluorescenzlichtes von dem gebeugten Lichte.

Die geschilderten Apparate in ihrer eben beschriebenen Zusammenstellung genügen blos für Flüssigkeiten und durchsichtige feste Körper. Für

Dieses ist am Ende der optischen Bank auf der **Grundplatte** *k* mittelst Stativklemme befestigt. Es ist umgelegt, so dass seine Axe parallel der des Beleuchtungskegels liegt. Sein **Tubus** *m* liegt horizontal und der **Objecttisch** *l* steht vertical.

Die **Beleuchtungsvorrichtung** besteht aus einem **Wechselcondensor** (Fig. 412), welcher einen bequemen Uebergang von der gewöhnlichen Beleuchtung zur Dunkelfeldbeleuchtung ermöglicht. Derselbe umfasst das Schiebrohr *a*, den dreilinsigen Condensor *b*, das Specialobjectiv für Dunkelfeldbeleuchtung *c* und die Centrirvorrichtung *d*.

Das Schiebrohr *a* passt unmittelbar in die Schiebhülse des Beleuchtungsapparates. Ist es hineingeschoben, so lässt sich an dem Stifte *h* der Condensor *b* einklappen. Davor wird von der Seite her die Irisblende mit der Mattscheibe geschoben, und die Beleuchtung geschieht in der gewöhnlichen Anordnung. Sie ist aus Fig. 413 auf S. 586 zu ersehen.

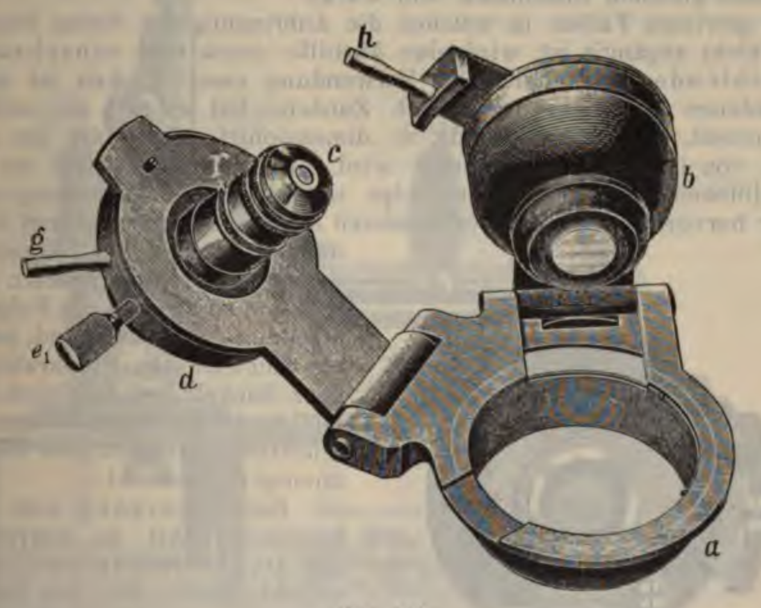


Fig. 412.

Vom dreilinsigen Condensor num. Apertur 1·40, welcher eingeklappt ist, bemerkt man den Stift und die Linse davor die Irisblende; die Mattscheibe fehlt. Der Griff dient zur Seitwärtsbewegung der Irisblende. Das Specialobjectiv in seiner Centrirvorrichtung bleibt seitlich stehen.

Als **Beobachtungsobjectiv** dient Apochromat 2 *mm* num. Apertur 1·30 mit fester Dunkelfeldblende. Die Blende ist nach einem Vorschlage von Prof. **Abbe** dadurch hergestellt, dass die Frontlinse des Objectivs in ihrem mittleren Theile bis zur Apertur 0·3 *mm* genau abgeschliffen und die dabei entstehende Planfläche geschwärzt worden ist. In das Objectiv treten damit nur noch Strahlen von den Aperturen 0·3—1·3 ein.

Mit dem dreilinsigen Condensor kann eine vollkommene Dunkelfeldbeleuchtung nicht erzielt werden, denn diese setzt voraus, dass die Strahlen des Beleuchtungskegels überhaupt nicht ins Objectiv gelangen. Es ist daher eine andere Beleuchtungsanordnung notwendig, welche durch das **Specialobjectiv** realisirt wird. Dieses liefert einen centralen Beleuchtungskegel von der Apertur 0 bis etwa 0·2, so dass die aus ihm austretenden Strahlen,

wie die Fig. 414 zeigt, auf einen kleinen Ständer zu liegen. Will man mit dem Apparate Flüssigkeiten untersuchen, so wird an dem Stative ein Cuvettenhalter befestigt und der Ständer für feste Körper beseitigt. Als Beobachtungsobjectiv benützt man hier ebenfalls eine Wasserimmersion, die C. Reichert mit einer Brennweite von 3·75 *mm* anfertigt. C. Reichert fertigt auch, wie erwähnt, eine neue Dunkelfeldbeleuchtung für bakteriologische Zwecke an. Die Lichtquelle ist hier ebenfalls Sonnen- oder elektrisches Licht.

Fig. 415 zeigt die Reichert'sche Construction.

Die Lichtzufuhr regelt ein Wechselcondensor, eingerichtet zum Einschalten entweder eines Abbe'schen Condensors (Fig. 415), Apertur 1·20—1·40, oder eines Condensors von Apertur 0·2. Der erstere dient zum ersten Einstellen des Objectes, letzterer zur eigentlichen Dunkelfeldbeleuchtung nach erfolgter Einstellung.

Als Beobachtungsobjectiv wird eine Immersion 1/12" oder noch besser Apochromat 2 *mm* homogene Immersion (da in Folge Verminderung des secundären Spectrums die Bilder wesentlich reiner und schärfer hervortreten) verwendet, an deren Frontlinse die sphärische Fläche von Apertur 0—0·3 abgeschliffen und geschwärzt ist, so dass bei Verwendung des Condensors von Apertur 0·2 kein directer Strahl in das Objectiv eintreten kann.

C. Reichert hat mit seinem Apparate die Entdeckung gemacht, dass im frisch entnommenen Blute ausser den Blutzellen und den schon früher beobachteten Vorkommnissen eine wechselnde Menge ultramikroskopischer fester Theilchen enthalten sind, die lebhafte Molecularbewegung zeigen. Nach Einnahme üppiger Mahlzeiten scheinen sie wesentlich zahlreicher zu sein. Vielleicht stehen wir an der Schwelle einer neuen Epoche von durch das Ultramikroskop ermöglichten, bedeutungsvollen Entdeckungen.

Errata.

Seite 127 (Zeile 17 von oben) soll es heissen: „Fig. 81 A" statt „Fig. 71 A"
„ 144 (Anm.) soll es heissen: „Diffractionssäume" statt „Difffactionssäume"
„ 159 (Anm. 2) soll es heissen: „Elzholz" statt „Etzholz"
„ 300 (Zeile 12 von unten) soll es heissen: „Mikroskopie" statt „Mikrospopie"
„ 380 („ 10 „ „) „ „ „ „Schizomyceten" statt „Schyzomyceten"
„ 489 („ 9 „ „) „ „ „ „Gypsplättchen" statt „Gppsyplättchen"
„ 490 („ 5 „ „) „ „ „ „Krystalle" statt „Kystalle".

B.

C.

F.

L.

N.

O.

Q.

S.

T.

W.

X.

Z.


C. REICHERT, WIEN.





